

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXXVII.

**I. Ueber die Cohäsion des Steinsalzes in krystallographisch verschiedenen Richtungen;
von Dr. L. Sohncke in Königsberg.**

§. 1. *Einleitung.* Eine genauere Einsicht in das Wesen derjenigen Kräfte zu erlangen, welche die Krystallformen bedingen, kann man, wie mir scheint, nur dann hoffen, wenn man das Verhalten der Krystalle gegen äußere mechanische Einwirkungen *messend* verfolgt. Bisher hat man dies noch wenig gethan. Man hat sich begnügt anzugeben, daß ein Krystall nach gewissen Ebenen spaltbar sei, und etwa nach der einen leichter als nach der anderen; aber zu ermitteln, *wie viel* vollkommener die Spaltbarkeit nach der einen als nach der anderen Ebene sei, ist nirgends versucht. Etwas angebauter ist das Feld der Härteuntersuchungen; doch kann man nicht sagen, daß sich dieselben bisher besonders fruchtbar bewiesen hätten. — Es ist mir daher nicht überflüssig erschienen, die Cohäsion der Krystalle auf eine andere Art zu untersuchen, welche die Erlangung sicherer Zahlenangaben in Aussicht stellte: nämlich durch Zerreißen von Säulen, welche in verschiedenen Richtungen aus demselben Krystall geschnitten waren. Zunächst habe ich mich auf das am leichtesten zu beschaffende und zu bearbeitende regulär krystallisirende Mineral: auf Steinsalz beschränkt. Man findet also im Folgenden zunächst *die Untersuchung der Zugfestigkeit des Steinsalzes in krystallographisch verschiedenen Richtungen*.

§. 2. *Zugfestigkeit einiger verwandten Substanzen.* Die meisten bisherigen Versuche über Zugfestigkeit erstrecken sich auf Metalldrähte oder -stäbe und auf Hölzer, und nur

vereinzelte auf krystallinisch-körnige und schiefrige Substanzen und auf Gläser. In Gehler's physikalischem Wörterbuch (Artikel Cohäsion) findet man als Zerreißungsgewichte (auf 1 rhein. Quadratzoll und alte Berliner Pfunde bezogen) nach Tredgold folgende Zahlen:

Schiefer von Westmoreland 8098, weißer Marmor 1863, Mauerziegel 283, und einige andere. Durch Reduction dieser Zahlen auf die im Folgenden angewandten Einheiten findet man:

Ein Stab von 1 Quadratmillimeter Querschnitt von	reißt bei Belastung mit
Schiefer von Westmoreland	309,9 preuß. Loth
weißem Marmor	71,3 " "
Mauerziegel	10,8 " "

Nach Versuchen von Chevandrier und Wertheim (Pogg. Annal. Ergbd. II S. 117) liegen die Zerreißungsgewichte verschiedener Glassorten zwischen 0,665 und 1,763 Kilogramm auf dem Quadratmillimeter, d. h. zwischen 39,90 und 105,78 Loth auf dem Quadratmillimeter.

Diese Zahlen zur Vergleichung mit den folgenden Angaben über das Steinsalz! Von Stoffen, die dem Steinsalz näher stehen, ist die Zugfestigkeit nicht bekannt.

Abschnitt I.

§. 3. *Zurichtung der Steinsalzsäulen.* Das Material meiner Versuche bestand in großen klaren Steinsalzwürfeln aus Stassfurt. Aus ihnen wurden möglichst quadratische Säulen von etwa 2 Centimeter Länge und ungefähr 4 Millimeter Breite und Dicke in verschiedenen Richtungen herausgeschnitten. Laubsäge und Schlichtfeile, sowie ein Anlegegoniometer reichten als Werkzeuge völlig aus. Die Untersuchung erstreckte sich nur auf 4 verschiedene Richtungen; entweder machte ich die Säulenaxe senkrecht zu einer Würfelfläche oder zu einer Granatoëderfläche ($a : a : \infty a$) oder zu einer Oktaëderfläche, oder zu einer Fläche des gewöhnlichen Pyramidenwürfels ($\frac{1}{2} a : a : \infty a$).

Die Säulen mußten nun an jedem Ende mit einer Fassung versehen werden, um sie einerseits aufzuhängen, andererseits die Schale mit den Gewichten anzubringen, wodurch die Zerreißung herbeigeführt werden sollte. Als zweckmäßig stellte sich folgende Einrichtung der Fassungen heraus. Jede ist eine etwa 12 Mm. lange und 4 Mm. breite und dicke, quadratische, beiderseits offene Röhre von nicht zu dickem Messingblech, an deren einem Ende ein starker Messingbügel zwei gegenüberstehende Seiten verbindet, um als Oese zu dienen. Vom anderen Ende aus sind die Kanten der Röhre etwa bis zur Hälfte ihrer Länge oder noch weiter aufgeschnitten, so daß die Röhre *hier* aus 4 gegenüberstehenden zusammenhangslosen Blechblättern besteht. (Fig. 8 Taf. IV). In diese Fassungen wurde die Krystallsäule eingekittet, jedoch so, daß nur ein möglichst kurzes Stück des Krystalls sich in der Fassung befand. Als Kitt diente Wasserglas und feines Gypsmehl; und zwar wurden die durch Hineinhauchen angefeuchteten Innenwände der Fassung mit Gypsmehl bedeckt und dann das in Wasserglas getauchte Ende der Säule hineingesteckt. Jetzt wurde das untere Ende der Fassung mit starkem Zwirn fest umwunden, so daß die losen Wände gegen die Säulenwände gepreßt wurden. Diese Befestigungsart bewährte sich stets als haltbar, wenn man nur etwa 12 Stunden bis zur Zerreißung vergehen ließ, damit der Kitt ordentlich trocknete. Der Kitt allein in unaufgeschlitzter Fassung, oder die aufgeschlitzte Fassung ohne Anwendung von Kitt zusammengeschnürt, erwiesen sich als nicht haltend.

§. 4. Die Vermehrung der Belastung bis zum Zerreißen geschah dadurch, daß Schrotkörner in zusammenhängendem aber schwachem Strahl aus möglichst geringer Höhe in die angehängte Schale gegossen wurden. Weil aber die alleinige Anwendung von Schrot eine zu große Schale und zu viel Schrot erfordert hätte, benutzte ich zwei durch Ketten verbundene übereinander befindliche Schalen, setzte in die untere von vornherein ein Gewicht, das jedoch noch er-

heblich kleiner als das Zerreißungsgewicht war, und schüttete nun Schrot in die obere Schale. — Um die durch das Zuschütten des Schrots bewirkten kleinen Stöße zu vermeiden, wandte ich auch noch eine andere Methode an, indem ich einen Träger unter die Schale setzte, letztere belastete, den Träger durch Zurückschrauben entfernte; falls noch keine Zerreißung eintrat, den Träger wieder hinzufügte, die Belastung etwas vermehrte u. s. f. Dieses Verfahren ist aber viel mühsamer, ohne doch irgend besser übereinstimmende Zahlenreihen zu liefern, oder sich sonst als genauer zu erweisen. Daher habe ich es viel seltener angewandt und beschreibe es hier nicht genauer. — Um zu verhindern, daß nach dem Zerreißen die herabfallende Krystallhälfte zerstoßen wurde, schlängte ich einen starken Bindfaden locker durch die Oesen beider Fassungen; nach dem Zerreißen spannte sich dieser straff an und hielt die untere Fassung mit der unteren Krystallhälfte und mit der Schale. — Um ferner nach dem Zerreißen genau zu erkennen, wie die beiden Hälften an einander gehörten, wurde jedes Mal vorher eine ganze Säulenseite mit Bleistift geschwärzt.

§. 5. *Verbesserte Gestalt der Säulen.* Wurden die Zerreißungsversuche auf diese Art mit den gleichmäßig dicken Säulen angestellt, so zeigten die Zerreißungsgewichte gleichartig geschnittener Säulen von gleichem Querschnitt die allergrößten Unregelmäßigkeiten, und zwar besonders bei denjenigen Säulen, deren Axe der Granatoëderflächennormale oder der Oktaëderflächennormale parallel war. Da sich aber herausstellte, daß das Zerreißen stets unmittelbar an oder sogar in der Fassung erfolgte, so lag es nahe, den Grund der Unregelmäßigkeiten in dem seitlichen Druck zu suchen, der durch das Festschnüren hervorgebracht wurde. Um also das Zerreißen fern von den Fassungen zu bewirken, feilte ich fortan die Krystallsäulen in der mittleren Partie dünner, so daß sie an jedem Ende mit einem plötzlichen Absatz in eine Verdickung übergingen. (Fig. 9 Taf. IV). Einige Male, als die mittlere Partie im Vergleich zu den

Endverdickungen noch nicht dünn genug gefeilt war, erfolgte die Zerreiſung doch noch in der Faſſung bei dem dickeren Querschnitt; und da Fehler im Kryſtall nicht beobachtet waren, diente dies zum beſten Beweiſe für das Vorhandenſein eines ſtörenden Einflusses der Faſſung. Bei Säulen parallel der Würfelflächennormale genügte es, die Enden 1 Mm. dicker zu laſſen als die mittlere Partie; bei den übrigen Säulen machte ich ſie etwa 2 Mm. dicker.

§. 6. *Querschnittsmessung.* Da es nicht möglich iſt, den verſchiedenen Säulen ganz gleichen Querschnitt zu geben, muß man die Zerreiſungsgewichte durch Rechnung auf denſelben Querschnitt reduciren, um ſie miteinander vergleichen zu können. Dazu wird die allgemein als evident angeſehene Vorausſetzung gemacht, daß das Zerreiſungsgewicht dem Querschnitt proportional iſt. Reiſt alſo eine Säule vom Querschnitt Q bei der Beſtandung L , ſo ſchließt man, daß eine Säule vom Querschnitt 1 bei der Laſt $\frac{L}{Q}$ reiſt. Die Meſſung des Querschnitts iſt alſo vom größten Einfluß auf die Genauigkeit der ſchließlichen Zahlenangaben. Aber die genaue Querschnittsmessung iſt höchſt ſchwierig. Ich bediente mich dazu eines vorzüglich gearbeiteten ſogenannten Schuſterlineals mit Millimetertheilung und Nonius, das mir Herr Geheimrath Neumann gütigſt zur Verfügung ſtellte. Dem Querschnitte wurde beim Schleifen eine möglichſt rechteckige Geſtalt gegeben; es ließ ſich aber faſt nie vermeiden, daß die Flächen nach außen ein wenig gewölbt waren, wodurch der Querschnitt ein krummlinig begrenztes Viereck mit nahe rechten Winkeln wurde. (Fig. 10 Taf. IV). Brachte man nun die Säulen zwiſchen die Zinken des Schuſterlineals, ſo ergab ſich der Abſtand derſelben zu groß; maß man aber den Abſtand zweier benachbarten Säulenkanten, ſo war dieſer kleiner als der mittlere Abſtand der Gegenseiten des Querschnitts. Durch Benutzung beider Meſſungen kam man der Wahrheit näher; doch war es einfacher, ſtatt deſſen die Säule ſo zwiſchen die Zinkenspitzen zu legen, daß man

den Abstand zweier Punkte ab der Gegenseiten des Querschnitts maß (Fig. 10 Taf. IV), die ungefähr um $\frac{1}{4}$ der ganzen Seiten von den Ecken abstanden. — Bei denjenigen Säulen, wo die Zerreißung wirklich nach dem Querschnitt erfolgte, verfuhr ich nun so: Ich maß die Distanz ab an der einen Hälfte des Krystalls, desgleichen an der anderen, und nahm das Mittel beider $= m_1$. Ebenso maß ich $\alpha\beta$ (Fig. 10 Taf. IV) an beiden Hälften und nahm das Mittel beider $= m_2$. Das Mittel dieser beiden Zahlen, also $\frac{m_1 + m_2}{2}$, nahm ich als mittleren Abstand dieser zwei Gegenseiten des Querschnitts. Wenn auf dieselbe Art der mittlere Abstand der anderen beiden Gegenseiten gefunden war, ergab sich der Flächeninhalt des Querschnitts durch Multiplication beider Abstände, indem ich den Querschnitt als Rechteck aus diesen beiden Seiten ansah. — Bei denjenigen Säulen, wo die Zerreißung nicht nach dem Querschnitt erfolgte, dachte ich mir an jeder Hälfte an einer Stelle, die der Zerreißungsstelle möglichst nahe lag, und die doch noch einem unverletzten Querschnitt angehörte, diesen Querschnitt wirklich construirt und maß die Seiten dieser zwei Querschnitte, nahm aus je 2 entsprechenden Seiten des einen und des anderen Querschnitts das Mittel und verfuhr weiter wie vorher.

§. 7. *Zugfestigkeit von Steinsalzsäulen, deren Axe parallel einer Würfelflächennormale ist.* Die folgende Tabelle enthält in der ersten Colonne die Nummer des Versuchs, in der zweiten das absolute Gewicht L , durch welches die Zerreißung herbeigeführt wurde (natürlich incl. des Gewichts der angehängten Schale), ausgedrückt in preussischen Lothen, von denen 30 ein Pfund oder ein halbes Kilogramm ausmachen, in der dritten die Gröfse des Querschnitts Q in Quadratmillimetern. Die Zahlen der vierten Colonne $\frac{L}{Q}$ sind durch Division der Zahlen beider vorhergehenden Colonnen erhalten, und geben das Gewicht in Lothen an, bei dem eine Säule von 1 Quadratmillimeter

Querschnitt reißt. Die Zerreißungsfläche ist hier jedes Mal ein zur Axe senkrechter *Querschnitt* der Säule, welcher eine spiegelnde Würfelfläche darstellt, so wie man sie sonst als Spaltungsfläche erhält.

Tabelle I.

No.	L	Q	$\frac{L}{Q}$
1	490,5	13,7	35,8
2	427,9	13,0	32,9
3	445,6	14,6	30,5
4	322,7	9,6	33,6
5	376,9	10,2	36,9
6	409,5	10,7	38,3
7	296,9	7,6	39,1
8	330,4	10,6	31,1
9	321,8	8,8	36,6
10	451,7	11,7	38,6
11	497,0	13,5	36,8
12	279,7	8,9	31,5
13	407,1	12,2	33,3

Nimmt man das Mittel aller Zahlen der letzten Colonne, so ergibt sich, daß die Zugfestigkeit des Steinsalzes in der Richtung der Würfelflächennormale 35,0 Loth auf 1 Quadratmillimeter Querschnitt beträgt.

§. 8. Zugfestigkeit in der Richtung der Granatoëderflächennormale.

Säulen in der Richtung der Granatoëderflächennormale wurden folgendermaßen erhalten. Ich spaltete von einem Steinsalzwürfel eine Tafel ab, etwa von der Dicke, welche die Säulen haben sollten, und zersägte dieselbe längs Linien, die einer Diagonale der (quadratischen) Tafel parallel liefen. Also wurden 2 Gegenseiten der Säulen von Würfelflächen gebildet, während die anderen beiden die Lage von Granatoëderflächen hatten. — Die Zerreißung erfolgte nun stets nach Würfelflächen, welche unter 45° gegen die granatoëdrischen Seitenflächen geneigt sind; und zwar kamen in der Regel 2 Würfelflächen als Rißflächen zum Vorschein, beide ausgehend von derselben Stelle einer granatoëdrischen Seitenfläche, und unter 90° gegeneinander

geneigt, so dafs ein, von der Seite gesehen, dreieckiges Stück ganz herausprang (Fig. 11 Taf. IV); oder es war blofs eine von jenen beiden Würfelflächen Rifsfläche, während die andere nur als Sprung auftrat. Die beobachteten Zahlen sind folgende:

Tabelle II.

No.	L	Q	$\frac{L}{Q}$
(1	318,7	6,6	48,3)
2	404,8	7,6	53,3
3	363,0	5,2	69,8
4	520,9	6,2	84,0
5	402,1	4,8	83,8
6	449,4	6,4	70,2
7	595,3	10,4	57,2

Die Zahlen $\frac{L}{Q}$ sind zwar sämmtlich gröfser als in der Tabelle I, aber doch von nicht grofser Uebereinstimmung. Bildet man das Mittel derselben (mit Ausschluss des ersten Versuchs), so findet man als *Zugfestigkeit in der Richtung der Granatoëderflächennormale* 69,7 Loth auf 1 Quadratmillimeter Querschnitt.

Der erste Versuch ist wegen des auffallend niedrigen Zerreisungsgewichts ausgeschlossen; vermuthlich hatte irgend eine bedeutende Unregelmässigkeit stattgefunden. Zu grofs dagegen können die Gewichte kaum ausfallen.

§. 9. *Zugfestigkeit in der Richtung der Oktaëderflächennormale.* Um Säulen von der Richtung der Oktaëderflächennormale zu erhalten, sägte ich aus dem Steinsalzwürfel zuerst Tafeln parallel einer Granatoëderfläche heraus. Jede solche Tafel hat als 1 Paar Gegenseiten parallele Würfelflächen, die gegen die Tafelfläche senkrecht stehen. Die weitere Zersägung der Tafeln erfolgte nun nach Linien, die gegen die erwähnten Würfelflächen unter $35^{\circ} 15' 51''{,}8$ geneigt sind. (Fig. 12 Taf. IV). Dann haben die Säulenaxen die Richtung der Oktaëderflächennormale. Freilich läfst sich mit dem Anlegegoniometer und der darauf fol-

genden Zersägung gewiss durchschnittlich keine grössere Genauigkeit als höchstens bis auf $\frac{1}{2}$ Grad erreichen. — In einer solchen aufrechtstehend gedachten Säule liegen die Würfflächen derartig, dass die eine von ihnen eine Säulenfläche in einer horizontalen Linie schneidet. — Die Zerreiſung erfolgte wiederum stets nur nach Würfflächen, und zwar kamen entweder alle drei, da sie ja gegen die Säulenaxe gleich geneigt sind, als Rifsflächen zum Vorschein, wobei einzelne Stückchen ganz absprangen und die Säulenhälften mit 3 seitigen Pyramiden endigten; oder blofs zwei oder eine von ihnen waren Rifsflächen, während die anderen nur als Sprünge sichtbar waren.

In dieser und den folgenden Tabellen sind beim Querschnitt noch Hundertel angegeben, da ich von nun an bei den Ablesungen am Schusterlineal noch Hundertel Millimeter zu schätzen versuchte. Die so erreichte grössere Genauigkeit ist indessen von geringer Bedeutung, da die Abweichungen zwischen den verschiedenen Versuchen zu erheblich sind.

Tabelle III.

No.	L	Q	$\frac{L}{Q}$
1	373,5	4,84	77,2
2	258,8	3,95	65,5
3	222,9	3,51	63,5
4	383,3	5,15	74,4
5	423,3	4,48	94,5
6	318,3	4,70	67,7
7	305,8	4,40	69,5
8	351,1	3,93	89,3
9	165,8	2,20	75,4

Die Uebereinstimmung der Reifsgewichte ist hier höchst unbefriedigend, denn sie variiren von 63,5 bis 94,5 auf den Quadratmillimeter Querschnitt. Uebrigens ist zu bemerken, dass die höheren Zerreiſungsgewichte mehr Wahrscheinlichkeit für sich haben, da die meisten störenden Einflüsse ein zu frühes Zerreiſen bewirken. (Vergl. die folgende Diskussion der Fehlerquellen). Mehrmals trat die

Zerreißung auch ganz an einem Ende des dünn geschliffenen Mittelstücks ein, wo noch der seitliche Druck der Fassung störend wirken konnte. Hieraus ist zu schliessen, daß das Mittel aller Zahlen der letzten Colonne eine zu kleine Zahl wird; es würde 75,2 als Zugfestigkeit in der Richtung der Oktaëderflächennormale ergeben.

§. 10. Fehlerquellen. Ueberblickt man die für die Zugfestigkeit in jeder der 3 Richtungen erlangten Zahlen, so kann man sich nicht verhehlen, daß auch in der Tabelle I, wo die Zahlen noch die größte Uebereinstimmung zeigen, die Abweichungen doch ziemlich bedeutend sind. Hier variiren die Zerreißungsgewichte von 30,5 bis 39,1; die Abweichung der kleinsten Zahl vom Mittel aller, 35,0, beträgt also 4,5 Loth, d. i. etwa 0,129 des ganzen Mittelwerthes. Indessen finden sich so große Differenzen nicht bei meinen Versuchen allein, sondern sie scheinen sich bei Untersuchungen über Zugfestigkeit überhaupt kaum vermeiden zu lassen. Das lehrt ein Blick z. B. auf die bei Eytelwein (Handb. der Statik, II Bd.) zusammengestellten Beobachtungen. Allerdings erlangte in neuerer Zeit Wertheim bei seinen Versuchen eine größere Genauigkeit. — Sucht man sich nun Rechenschaft von den Ursachen dieser Differenzen zu geben, so entdeckt man eine große Anzahl von Fehlerquellen, die zum Theil im Stoffe selbst liegen, z. Th. mit der Untersuchungsmethode zusammenhängen.

So wäre es zunächst möglich, daß die verschiedenen Steinsalzstücke, aus denen die Säulen zubereitet wurden, von nicht ganz gleicher Beschaffenheit gewesen wären, obwohl sie äußerlich alle dasselbe wundervoll durchsichtige, reine und wasserhelle Ansehen hatten. Ferner können sich in den Krystallen kleine Sprünge oder fremde mechanische Beimengungen befinden. Ja es können irgend welche kleinen Unregelmäßigkeiten in der Lagerung der Moleküle stattfinden. — Sodann scheint die Art und Weise der Belastung von wesentlichem Einfluß auf das Zerreißungsgewicht zu sein. Das läßt sich aus Wertheim's Beobachtungen (Pogg. Ann. Ergb. II, S. 1 ff.) erkennen. Wert-

heim wandte nämlich 2 Methoden an: Entweder liefs er den Stab oder Draht unter der Wirkung des Gewichts sich *langsam* bis zur Zerreiſung ausziehen, oder er vergrößerte die Last *schnell* bis zur Zerreiſung. Bei seinen äufserst zahlreichen Versuchen mit Metallen ist die äufserste Abweichung eines der beiden Reifsgewichte vom Mittel beider durchschnittlich nur klein, doch nimmt sie bei einigen auch erhebliche Werthe an; so beträgt sie bei ausgezogenem Stahldraht 0,17 des Mittelwerths, bei gegossenem Blei 0,28, bei gehämmertem und bei 100° angelassenem Zinn sogar 0,36. Diese Zahlen erlauben die Vermuthung, dafs wohl auch bei meinen Versuchen die nicht gleiche Zeit, während welcher die Säulen die Last zu tragen hatten, Verschiedenheiten in den Zerreiſungsgewichten herbeigeführt haben mag. — Ferner konnten die kleinen Stöße der fallenden Schrotkörner oder auch eine etwaige Erschütterung des ganzen Hauses zu frühes Zerreiſen bewirken. — Sodann konnte ich nie sicher sein, die Säulen auch *ganz gerade* eingeklebt zu haben. Und in solchem Falle trat nicht reine Zerreiſung, sondern eine Art Zerbrechung ein. Eben sowenig liefs es sich mit Genauigkeit erreichen, dafs die Säulenaxe wirklich die verlangte krystallographische Richtung hatte. Zum Theil hieraus erklärt es sich, dafs die Zerreiſungsgewichte bei den Säulen der dritten Art sämtlich kleiner sind, als sie nach der Berechnung des folgenden Paragraphen sein müßten. — Von besonderem Einfluß ist ferner die Mangelhaftigkeit der Querschnittsmessung der Säulen. — Zu all diesen Fehlerquellen kommt noch das Bedenken, dafs sogar die Annahme nicht streng richtig zu seyn scheint, die von vorn herein gemacht wurde: »Dafs das Zerreiſungsgewicht dem Querschnitt proportional sey.« Hat doch eine vor Jahren von der Pariser Academie zur Untersuchung dieser Frage ernannte Commission ermittelt, dafs eiserne Stangen von 0,0045 bis 0,0315 Meter Dicke auf 1 Millimeter 40 Kilogramm trugen, dagegen von 0,0315 bis 0,2700 Meter Dicke nur 21 Kilogramm! (Gehler's Wörterb.: Artikel Cohäsion.) Dieses Variiren der

bei verschiedenen Querschnitten für 1 Millimeter berechneten Zugfestigkeit findet seine Erklärung wohl nur darin, daß die Oberflächenschicht eine andere Beschaffenheit hat als das Innere. In der That trugen gezogene Drähte verhältnißmäßig viel mehr, verloren aber die große Tragkraft durch Abschaben der Oberfläche. So könnte vielleicht auch bei meinen Versuchen die Oberfläche durch das Feilen modificirt seyn. — Es muß genügen, diese möglichen Fehlerquellen angeführt zu haben, da es nicht ausführbar ist, sie in Rechnung zu ziehen. Da aber die meisten und einflußreichsten Fehlerquellen darauf hinwirken, die Zerreißung zu früh eintreten zu lassen, so bleibt es fraglich, ob es nicht richtiger wäre, von den sämtlichen Zerreißungsgewichten einer Tabelle *nicht* das Mittel zu nehmen, sondern die niedrigeren Gewichte ganz unbeachtet zu lassen und nur die höchsten Zahlen als die der Wahrheit am nächsten kommenden zu berücksichtigen.

§. 11. *Berechnung der Zugfestigkeit für Säulen von jeder beliebigen krystallographischen Richtung. Untere Gränze für die Cohäsion.* Die mitgetheilten Beobachtungen über das Steinsalz enthalten das wichtige Resultat, daß die Zerreißung immer nur nach Würfelflächen stattfindet; (wenigstens liegt kein Grund zu der Vermuthung vor, daß irgend eine nicht untersuchte Richtung ein anderes Resultat als die 3 untersuchten liefern könnte).

Aus dieser Thatsache folgt, daß im Vorhergehenden zwar die Zugfestigkeit ermittelt, daß aber das eigentliche Ziel der Untersuchung: *„Die Größe der Cohäsion des Steinsalzes in verschiedenen krystallographischen Richtungen aufzufinden“*, nur unvollständig erreicht ist. Bei der Zerreißung ist nämlich nicht die Cohäsion in der Richtung der jedesmaligen Säulenaxe, sondern stets die Cohäsion in der Richtung der Würfelflächennormale, also immer die nämliche, überwunden! Also lernt man, für jede untersuchte Richtung, durch das Zerreißungsgewicht nicht die Cohäsion selbst, sondern nur eine *untere Gränze* derselben kennen. Für diesen Gränzwertb ist nun der genaue Ausdruck zu

entwickeln, und gleichzeitig zu zeigen, wie die Beobachtung der Zugfestigkeit in Einer Richtung genügt, um daraus die Zugfestigkeit von Säulen jeder beliebigen anderen Richtung zu berechnen.

Aus einem Steinsalzhexaëder sey eine Säule mit parallelen Kanten, aber von beliebig gestaltetem Querschnitt, dessen Gröfse Q sey, in beliebiger Richtung herausgeschnitten. Die Richtung der Säulenaxe, d. h. der Normale des Querschnitts, werde mit n bezeichnet. Diejenige von den 3 Würfelflächen, welche mit dem Querschnitt den kleinsten Winkel bildet, habe, soweit sie in die Säule hineinfällt, die Gröfse W ; die Richtung ihrer Normale sey w . (Fig. 13 Taf. IV). Da nun für jeden beliebigen schiefen Durchschnitt der Säule die senkrechte Projektion auf die Ebene des Querschnitts dieser Querschnitt selbst ist, so hat man die Gleichung:

$$1) \dots\dots\dots W = \frac{Q}{\cos(n, w)}$$

Wenn nun durch ein unten angebrachtes Zuggewicht L_z Zerreiſung nach der Würfelfläche W erfolgt, so kommt von der Kraft L_z nur die zu W senkrechte Componente zur Wirkung, d. h. $L_z \cos(n, w)$. Andererseits weiß man durch Versuche mit Säulen, deren Axe der Würfelflächen-normale parallel ist (für welche also n und w zusammenfallen), daß sie nach dem Querschnitt (d. h. nach der Würfelfläche) zerreiſen durch eine senkrecht gegen dieselbe wirkende Kraft $C=35$, wenn der Querschnitt $=1$ ist; also durch die Kraft $C \cdot W$, wenn der Querschnitt $=W$ ist. Im vorliegenden Falle ist nun die Componente $L_z \cos(n, w)$ eine senkrecht gegen die Würfelfläche W wirkende Kraft, welche Zerreiſung herbeiführt; also ist:

$$2) \dots\dots\dots L_z \cdot \cos(n, w) = C \cdot W.$$

Aus den Gleichungen 1) und 2) folgt:

$$3) \dots\dots\dots L_z = \frac{C \cdot Q}{\cos^2(n, w)},$$

oder wenn der Querschnitt $Q=1$ ist:

$$4) \dots\dots\dots L_z = \frac{C}{\cos^2(n, w)}.$$

Resultat: Wenn eine in beliebiger Richtung aus einem Steinsalzwürfel geschnittene Säule vom Querschnitt 1 nicht nach ihrem Querschnitt, sondern nach der gegen ihn am mindesten geneigten Würfelfläche reißt, (was wohl immer der Fall ist), so geschieht dies bei der Belastung $\frac{C}{\cos^2 (n, w)}$ wo (n, w) den Winkel der Säulenaxe gegen die Rißflächennormale, und C diejenige Belastung bedeutet, bei der eine der Würfelflächennormale parallele Säule von gleichem Querschnitt zerreißt.

Wenn mehrere Würfelflächen gegen den Querschnitt gleich geneigt sind, so kann Zerreißung nach allen eintreten, und sie tritt wirklich ein. Die Beobachtungen lehren (§. 8), daß bei den Säulen, deren Axe der Granatoëderflächennormale parallel ist, jede der beiden als Rißflächen auftretenden Würfelflächen die Säule der ganzen Breite nach durchsetzt, indem beide von derselben Linie in einer Seitenfläche ausgehen. Hier gilt die eben angestellte Betrachtung unmittelbar für jede der beiden Würfelflächen. Etwas anders ist es bei den Säulen, deren Axe der Oktaëderflächennormale parallel ist. Die Beobachtungen ergaben (§. 9), daß eine oder 2 oder alle 3 Würfelflächen als Rißflächen erschienen, und zwar hier nicht über, sondern nebeneinander, so daß nach der Zerreißung eine Säulenhälfte durch eine Würfelfläche, oder durch 2 in schräg laufender Kante zusammenstoßende, oder durch 3 eine Würfecke bildende Würfelflächen beendet wurde. Um die vorige Betrachtung auf diesen Fall auszudehnen, denke man sich die ganze Säule in so viele einzelne Säulen mit parallelen Kanten zerlegt, als Würfelflächen nebeneinander auftreten, jede Säule von einer dieser Würfelflächen beendet. Zur Zerreißung einer jeden dieser Säulen ist nach Gl. 3 die Belastung erforderlich:

$$\frac{C \cdot q}{\cos^2 (n, w)},$$

also zur Zerreißung des ganzen Säulencomplexes, d. h. der ganzen Säule, die Belastung

$$L_n = \sum \frac{C \cdot q}{\cos^2(n, w)},$$

wo durch \sum die Summation über alle einzelnen Säulen ausgedrückt werden soll. Da nun alle auftretenden Würfel-
flächen gegen den Querschnitt gleich geneigt sind, so ist Winkel (n, w) für alle derselbe, also ist das Zerrei-
ßungsgewicht

$$L_n = \frac{C \cdot \sum q}{\cos^2(n, w)}.$$

$\sum q$ bedeutet den Gesamtquerschnitt der Säule, $= Q$. Also erhält man als Zerrei-
ßungsgewicht wieder die Formel 3) gültig, auch wenn mehrere gleichgeneigte Würfel-
flächen sind.

*Diese Formel ist nun mit den Beobachtungen zu ver-
gleichen:*

1) Für Säulen parallel der Granatoöderflächennormale ist $(n, w) = 45^\circ$, also das Zerrei-
ßungsgewicht nach Gleichung 4) $= 2C$. Aber C ist durch Beobachtungen $= 35,0$
Loth gefunden, also müßten diese Säulen bei 70,0 Loth reißen. In der That ist als Mittel der Beobachtungen in
Tabelle II gefunden 69,7. Weil C etwa von 30 bis 40
variirt, wird $2C$ etwa von 60 bis 80 variiren, wie es jene
Tabelle ebenfalls lehrt. Diese Uebereinstimmung ist höchst
befriedigend.

2) Für Säulen parallel der Oktaöderflächennormale ist
 $\cos(n, w) = \sqrt{\frac{1}{3}}$, also das Zerrei-
ßungsgewicht nach Gleichung 4) $= 3 \cdot C$ oder $= 105$ Loth. Die Beobachtungen
aus Tabelle III geben als mittleres Reißgewicht nur 75,2,
während das höchste erlangte Reißgewicht 94,5 ist. Die
Uebereinstimmung läßt also viel zu wünschen übrig; frei-
lich war vorausgesehen (§. 9), daß das Mittel zu klein sein
würde. Ferner ist zu bedenken, daß jede Abweichung
der Säulenaxe von der Richtung der Oktaöderflächennor-
male das Zerrei-ßungsgewicht *kleiner* macht, indem dann
 (n, w) kleiner ist, als er sein sollte, also sein \cos größer,
also L_n kleiner. Aber die Nichtübereinstimmung der Beob-
achtungen mit der berechneten Formel ist trotz dieser Ent-
schuldigungsgründe so auffallend, daß der Verdacht ent-

steht, die Rechnung müsse auf nicht ganz richtigen Voraussetzungen beruhen.

Die hauptsächlichste Voraussetzung war nun die, daß bei der Zerreißung nach einer Würfelfläche nur die zu derselben senkrechte Componente der Belastung wirksam sei. Statt dessen könnte man sich allerdings vorstellen, daß auch die zur Würfelfläche parallele Componente mitwirke, indem bei der Zerreißung ein Gleiten der einen Säulenhälfte an der anderen längs der Würfelfläche stattfindet. Diese Componente müßte bei denjenigen Säulen am meisten zur Geltung kommen, in denen die Würfelfläche gegen den Querschnitt am meisten geneigt ist; und dies sind eben die Säulen parallel der Oktaëderflächennormale. Indessen soll dies nur als Vermuthung hingestellt werden.

Untere Gränze für die Cohäsion in jeder Richtung. Im Vorstehenden ist gezeigt, daß eine Säule von der Richtung n bei der Belastung $\frac{C}{\cos^2(n, w)}$ zerreißt, und daß die Rißfläche eine Würfelfläche ist. Demnach ist bei diesen Versuchen die Cohäsion in der Richtung der Säulenaxe n noch nicht überwunden; die Säule würde noch zusammenhalten, wenn nicht die Cohäsion in jener anderen Richtung (nämlich der Würfelflächennormale) so gering wäre, daß sie bereits überwunden wird. Somit ist die Cohäsion in der Richtung n größer als

$$\frac{C}{\cos^2(n, w)},$$

d. h. größer als „die Cohäsion parallel der Würfelflächennormale, dividirt durch das Quadrat des Cosinus beider Richtungen“.

Dies der für die Cohäsion in jeder beliebigen Richtung gefundene untere Gränzwert!

Abschnitt II.

§. 12. Neue Methode, um die Cohäsion in der Richtung der Granatoëderflächennormale zu ermitteln.

Wenn es gelänge, die Zerreißung einer Steinsalzsäule von beliebiger krystallographischer Richtung nach ihrem

Querschnitt, statt nach schräg sie durchsetzenden Würfelflächen, zu *erzwingen*, so wäre die Cohäsion in jener Richtung bestimmt. Dieses Ziel suchte ich dadurch zu erreichen, daß ich der Säule an einer einzigen bestimmten Stelle einen erheblich kleineren Querschnitt gab. Zu dem Zweck wurde in der Mitte der Säule von 2 gegenüberliegenden Seiten aus mit der Säge je ein tiefer Einschnitt angebracht, so daß zwischen beiden nur ein schmaler Wall übrig blieb. Jetzt hatte die Säule also eine bestimmte schwache Stelle, an der sie zerreißen mußte, wenn die Einschnitte nur tief genug waren. Die Einschnitte wurden auf denjenigen beiden Seitenflächen der Säule gemacht, welche die Lage von Würfelflächen hatten (vergl. §. 8); dann konnte der Wall nicht nach Einer Würfelfläche zerreißen, weil keine ihn ganz durchsetzte; während dies in der That möglich gewesen wäre, wenn die Einschnitte auf den anderen beiden Seitenflächen gemacht wären. (Fig. 14 Taf. VI) zeigt die Vorderansicht dieser Säulen; *W* bedeutet eine Würfelfläche, *G* eine Granatoëderfläche). Nicht selten war es indess nothwendig, auch auf den beiden anderen Seiten Einschnitte zu machen, um Sprünge u. dergl. zu entfernen.

Bei den ersten mit diesen Säulen angestellten Versuchen zerrifs nun nicht der Wall, sondern von einem seiner Enden entsprangen zwei rechtwinklig auf einanderstehende Würfelflächen, deren jede eine Säulenhälfte durchsetzte. (Fig. 15.) Die Einschnitte schienen demnach zunächst unnütz gewesen zu sein, da die Zerreißung ganz in der früheren Weise vor sich ging. Ich benutzte daher von nun an dickere Säulen, deren Querschnitt etwa 36 Quadratmillimeter betrug, die also auch größere Fassungen erforderten. Gleichzeitig machte ich die Einschnitte tiefer, so daß der Wall schmaler war als vorher. Waren hier die Einschnitte tief genug, so zerrifs nun wirklich der Wall. Ich bemerke noch, daß die Dimensionen des Wallquerschnitts *vor* der Zerreißung gemessen werden mußten, da es nachher nicht immer genau möglich war.

In der folgenden Tabelle enthält die erste Colonne die Nummer des Versuchs, die zweite das Zerreißungsgewicht L in Lothen, die dritte die beiden Seiten des rechteckigen Querschnitts des Walls, die vierte die Größe dieses Querschnitts in Quadratmillimetern, die fünfte, $\frac{L}{Q}$, das für 1 Quadratmillimeter berechnete Zerreißungsgewicht.

Die ersten 4 Versuche sind mit Säulen von etwa 16, alle folgenden mit Säulen von etwa 36 Quadratmillimeter Querschnitt angestellt.

Tabelle IV.

No.	L	Seiten des Querschnitts des Walls	Q	$\frac{L}{Q}$
1	432,2	1,80 3,54	6,37	67,8
2	414,0	1,50 4,13	6,19	66,9
3	316,2	1,90 2,50	4,75	66,6
4	346,9	2,00 2,25	4,50	77,1
5	375,7	1,18 3,55	4,19	89,7
6	398,4	0,80 5,70	4,56	87,4
7	455,3	0,85 5,90	5,01	90,9
8	421,6	0,75 5,80	4,35	96,9
9	258,3	0,60 6,10	3,66	70,6
10	290,1	0,65 5,80	3,77	76,9
11	284,3	0,80 5,80	4,64	61,3

Bei den ersten 5 Versuchen geschah die Zerreißung nicht durch den Wall, sondern von einem Ende desselben

nach 2 Würfelflächen durch die dicke Säule hindurch. Hier war also die gesuchte Cohäsion parallel der Granatoöderflächennormale noch nicht überwunden; also ist sie größer als das Mittel dieser fünf auf 1 Quadratmillimeter reducirten Zerreißungsgewichte; es beträgt 73,6. Die im vorigen Abschnitt berechnete untere Gränze für die Cohäsion in dieser Richtung betrug 70. Sie scheint also jetzt weiter hinausgerückt.

Bei den Versuchen 6 bis 11 zerrifs der Wall, aber nicht nach einer glatten Fläche, sondern zahnartig; und zwar waren bei den Versuchen 10 und 11 nur unter rechten Winkeln aneinander gereichte Würfelflächen, bei den Versuchen 6 bis 9 abwechselnd Würfel- und Granatoöderflächen bemerkbar. Die Granatoöderflächen hatten ziemlich starken Glanz und ein fasriges bis schwach muschliges Aussehen. Die Cohäsion parallel der Granatoöderflächennormale ist also auch größer als das Mittel der Reißgewichte bei diesen 6 Versuchen, d. h. $> 80,7$; und vielleicht ist sie gleich dem Mittel der Reißgewichte bei den Versuchen 6 bis 9, wo auch Granatoöderflächen auftraten, d. h. $= 86,5$. Mit diesem wahrscheinlichen Resultat muß man sich vorläufig begnügen, da die Beobachtungen noch keine sichreren Schlüsse zulassen. Die Versuche sind aber so mühsam anzustellen (man ist z. B. so häufigem Zerbrennen der Säulen während ihrer Bearbeitung ausgesetzt), daß es keine leichte Aufgabe ist, die Zahl der Versuche noch bedeutend zu vermehren. — Es wäre interessant gewesen, den Wall auch bei größerer Dicke zum Zerreißen zu bringen, denn in obigen Versuchen hat er immer sehr nahe dieselbe Dicke von 0,6 bis 0,8 Mm. Ich versuchte auch einen von Herrn Geheimrath Neumann in Vorschlag gebrachten Gedanken auszuführen, indem ich jede der beiden Hälften, in welche die Säule durch die Einschnitte zerlegt wird, für sich zusammendrückte durch Behinderung mit Seidenfäden parallel den Säulenkanten. Dadurch wurde alsdann das Zerreißen der dicken Säule nach

Würfelflächen erschwert. Ich kam aber zu keinem Resultat, da die so präparirten Säulen immer aus den Fassungen rissen. Eine derselben hatte bei 1,4 Mm. Dicke des Walls schon 71,4 Loth auf 1 Quadratmillimeter des Walls getragen, als sie aus der Fassung rifs.

Was den Vorgang der Zerreiſung betrifft, so muß man ihn sich, wie mir scheint, so denken: Bei der Zerreiſungsart in der ersten Gruppe von Versuchen, 1) bis 5), wo der Wall im Ganzen unversehrt blieb, beginnt die Zerreiſung offenbar an einem Ende des Walles. Denn: wäre er gar nicht vorhanden gewesen, so hätten die Säulen, gemäß ihrer Dicke, erst bei viel größerer Belastung zerreiſen können. Außerdem gehen ja auch beide Würfelflächen von demselben Ende des Walls aus und von da in die dicke Säule hinein. Es ist aber gar nicht wahrscheinlich anzunehmen, daß ganz gleichzeitig an 2 auseinanderliegenden Stellen der Riſs beginnt, und daß beide Riſsflächen sich gerade am Ende des Walls treffen. Wenn also die Belastung so groß gemacht ist, daß ihre zur Würfelfläche senkrechte Componente eine Säule von dem Querschnitt des Walls nach Würfelflächen zerrissen würde, so beginnt am Ende des Walls der Riſs. In die dicke Säule hinein kann er sich nun bei dieser Belastung noch nicht fortsetzen, weil, diese zu trennen, eine größere Kraft erforderlich wäre. Also kommt die wirkliche Zerreiſung erst bei einer größeren Belastung zu Stande. Die Fortsetzung des Riſses in die dicke Säule hinein wird sehr durch die äußerst vollkommene Spaltbarkeit des Steinsalzes unterstützt. Macht man nun aber die übrige Säule sehr viel dicker als den Querschnitt des Walls, wie es bei den Versuchen 6) bis 11) der Fall war, so kann sich der Würfelfriſs aus dem Wall überhaupt nicht durch die dicke Säule hindurch fortsetzen (er erscheint nur bisweilen als ein kleiner Sprung, der eine kurze Strecke hineingeht). Dann hält also die Säule bei einer Belastung, die im vorigen Fall zur Zerreiſung genügte, noch zusammen. Die Belastung muß vermehrt werden, um den Wall zu zer-

reißen, und so kann sie so groß werden, daß auch Granatoëderflächen als Rißflächen auftreten.

§. 13. *Neue Methode, um die Cohäsion parallel der Oktaëderflächennormale zu ermitteln.* Bei den parallel der Oktaëderflächennormale geschnittenen Säulen verfuhr ich nach derselben Methode. Um zu vermeiden, daß der Wall nach einer einzigen ihn ganz durchsetzenden Würfelfläche zerrifs, mußten die Einschnitte auf denjenigen beiden Säulenseiten gemacht werden, welche die Lage von Granatoëderflächen hatten (vergl. die §. 9 beschriebene Art, die Säule herauszuschneiden).

In der folgenden Tabelle sind die ersten 3 Versuche mit Säulen von etwa 16, die letzten beiden mit Säulen von etwa 36 Quadratmillimeter Querschnitt angestellt.

Tabelle V.

No.	<i>L</i>	Seiten des Querschnitts des Walls	<i>Q</i>	$\frac{L}{Q}$
1	475,4	1,30 3,70	4,81	98,8
2	385,0	1,15 3,30	3,79	101,5
3	433,1	1,68 2,60	4,37	99,1
4	383,3	0,85 5,30	4,50	85,2
5	516,6	0,85 6,10	5,18	99,7

Bei allen diesen Versuchen zerrifs der Wall unregelmäßig zahnartig durch Auftreten mehrerer Würfelflächen, welche sich jedoch nicht völlig auf den Wall beschränkten, sondern auch aus den dicken Säulenhälften kleine Partien herausrissen. Andere als Würfelflächen traten nie auf! Also war die Cohäsion parallel der Oktaëderflächennormale noch nicht überwunden; sie ist also größer als das Mittel der 5 Zahlen der letzten Colonne, d. h. größer als 96,9. Nach der Berechnung im ersten Abschnitt ist die Cohäsion

in dieser Richtung > 105 , so daß also durch diese Versuche die Gränze auch nicht einmal weiter hinaus geschoben ist.

§. 14. *Untersuchung der Cohäsion parallel der Normale einer Fläche des gewöhnlichen Pyramidenwürfels* ($\frac{1}{2} a : a : \infty a$). Um Säulen von der verlangten Richtung zu erhalten, spaltete ich von einem Würfel eine Tafel von der Dicke der zu bereitlegenden Säulen ab, diese Tafel hatte eine quadratische Endfläche. Von einer Ecke dieses Quadrats aus trug ich auf beiden Quadratseiten Stücke ab im Verhältniß von 1:2. Die Verbindungslinie der Endpunkte dieser Stücke war die verlangte Normale. Nach solchen Linien wurde nun die Tafel in Säulen zersägt. Dann waren 2 gegenüberliegende Seiten der Säulen Würfelflächen, und auf diesen Seiten waren die Einschnitte anzubringen, damit der Wall nicht nach einer einzigen Würfelfläche zerreißen konnte. — Die ersten 2 Versuche sind mit Säulen von ungefähr 16, die folgenden mit Säulen von etwa 36 Quadratmillimetern Querschnitt angestellt.

Tabelle VI.

No.	L	Seiten des Wallquer- schnitts	Q	$\frac{L}{Q}$
1	488,0	1,70 3,80	6,46	75,5
2	$> 270,0$	0,90 4,00	3,60	$> 75,0$
3	270,8	0,85 6,00	5,10	53,1
4	352,4	0,75 6,20	4,65	75,8
5	207,3	0,80 5,85	4,68	44,3
6	242,1	0,80 4,00	3,20	75,7

Mit Ausnahme des letzten Versuchs zeigte sich als Rißfläche nur eine Würfelfläche und zwar die gegen den

Querschnitt minder geneigte; bei Versuch 1) und 3) ganz an einem Ende des Walls beginnend und dann die eine Hälfte der dicken Säule durchsetzend; bei 4) und 5) mehr in der Mitte den Wall schneidend und beide Säulenhälften durchsetzend. Beim Versuch 2) fand gar keine Zerreiſung, sondern Ausreiſung aus der Faſſung ſtatt. Beim letzten Verſuch endlich zerrifs die eine Hälfte des Walls, die andere blieb unverſehrt. Als Riſſflächen des Walls traten auf: am Anfang eine ſteil geneigte Würfelfläche, dann eine kleine glatte Fläche von der ungefähren Lage der Pyramidenwürfelfläche, dann die minder geneigte Würfelfläche; dieſe ſetzte ſich alſdann in die dicke Säule fort.

Hiernach iſt die Cohäſion parallel der Normale des gewöhnlichen Pyramidenwürfels jedenfalls größer als das Mittel der 6 Zahlen der letzten Colonne: 66,6; mit Rückſicht auf den letzten Verſuch aber wahrſcheinlich nur wenig verſchieden von 76; während der nach §. 11 berechnete untere Gränzwert h nur 43,75 beträgt.

§. 15. *Zuſammenfaſſung der Reſultate. Im erſten Abſchnitt iſt gezeigt, daß die Zerreiſung von Säulen, die in irgend welcher Richtung aus einem würfeligem Steinsalzkrystall geſchnitten ſind, ſtets nur nach Würfelflächen erfolgt. Daraus ergibt ſich dann, daß die Cohäſion parallel einer gegebenen Richtung $> \frac{C}{\cos^2(n, w)}$ ſein muß, wo C die Cohäſion in der Würfelflächenormale vorſtellt, die = 35 ermittelt iſt (bezogen auf 1 Quadratmillimeter und Lothe), und wo (n, w) den Winkel bedeutet, den der Querschnitt der betreffenden Säule mit der am meiſten gegen ihn geneigten Würfelfläche bildet. Die Anwendung dieſer Formel auf die Normale der Granatoöder-, Oktaöder- und gewöhnlichen Pyramidenwürfelfläche ergibt, daß die Cohäſion in dieſen Richtungen größer ſeyn muß als resp. 70; 105; 43,75.*

Im zweiten Abſchnitt iſt durch Zerreiſung von Säulen, die an einer Stelle dünn geſchliffen ſind, gezeigt, daß die Cohäſion in der Richtung der Normale der Granatoöder-

fläche und der Pyramidenwürfel­fläche gröfser als 80,7 resp. 66,6, und wahrscheinlich gleich 86,5 resp. 76 ist. Ueber die Cohäsion in der Richtung der Oktaëder­flächen­normale hat sich nichts wesentlich Neues ermitteln lassen.

II. *Beschreibung einer photometrischen Methode zur Messung und Vergleichung der Stärke des farbigen Lichtes;*

von C. Vierordt,

Professor der Physiologie in Tübingen.

(Hierzu Fig. 1 Taf. V.)

Versuche über die, zu einer Farbenempfindung erforderliche kleinste Zeit, welche im verflossenen Semester im hiesigen physiologischen Institut von zweien meiner Schüler ausgeführt wurden, liefsen mich aufs Neue den Mangel eines schnell und sicher zum Ziel führenden Verfahrens beklagen, um die Stärke verschiedenfarbigen Lichtes unter sich vergleichen zu können. Die gewöhnlichen photometrischen Methoden reichen zu diesem Zwecke anerkanntermassen nicht aus, weil unser Urtheil sehr ungewifs wird, wenn das Auge zwei verschiedene Farbentöne mit einander in Bezug auf ihre Helligkeit vergleichen soll. Fraunhofer hat bekanntlich ein derartiges Verfahren angewandt, um die relative Lichtstärke an 8 verschiedenen Stellen des gewöhnlichen Spectrums zu bestimmen, jedoch in seinen Einzelversuchen für dieselbe Farbe sehr abweichende Verhältniszahlen erhalten. Die Abweichungen sind derartig, dafs sie sicherlich nur zum kleineren Theil von Unterschieden in der Helligkeit des Tageslichtes der einzelnen Versuchstage abhängen können.

In der Farbenphotometrie wird das, auf directer Vergleichung der Lichtstärke der Farben beruhende Verfahren für immer eine nur untergeordnete Stellung einnehmen; für

den Physiologen dagegen ist es von ungleich größerer Bedeutung, insofern die experimentelle Bestimmung der Gröfse des Fehlers, welchem unsere Empfindung unter diesen Umständen unterworfen ist, uns mit einer Leistung des Auges bekannt machen würde, welche durchaus nichts von ihrem physiologischen Interesse verliert, wenn es sich auch herausstellt, dafs sie eine höchst unvollkommene ist. Ich hoffe, in der nächsten Zeit Versuche hierüber anstellen zu können.

Wenn die auf blofs 4 Versuche gegründeten Fraunhofer'schen Messungen der Lichtstärke der Spectralfarben, dieses wichtigsten Objectes der Photometrie, seit nun mehr als einem halben Jahrhundert durch keine andern ersetzt worden sind ¹⁾, so liegt darin wohl ein Beweis, dafs selbst die vollkommenen Photometer der Neuzeit, z. B. die von Dove, Zöllner und der höchst empfindliche Apparat Wild's, der sehr genaue Messungen zuläfst, nur für bestimmte Zwecke der Photometrie vorzugsweis anwendbar sind. Zum Theil schliessen sie die Vergleichung verschiedenfarbigen Lichtes geradezu aus.

Der Physiologe, der viel mit Pigmentfarben experimentirt, hat in erster Linie das Bedürfnifs, die Lichtstärke der Einzelfarben zu bestimmen, welche in einer Farbenmischung enthalten sind. Die Summirung der Lichtstärke der optisch-einfachen Farben ergiebt dann zugleich die Stärke des zusammengesetzten Lichtes.

Diese Aufgabe suche ich in folgender Weise zu lösen. Läfst man auf das Prisma eines, auf eine Lichtquelle von irgend welcher Beschaffenheit eingestellten Spectral-

1) Sollte diese Behauptung eine irrthümliche seyn, so wird sie dem Physiologen, der dem historischen Theil dieses schwierigen Capfels der Optik ziemlich fern steht, gern verziehen werden. Selbst in den neuesten Handbüchern der Physik finde ich wenigstens nur die Fraunhofer'schen Zahlen. Auch Helmholtz erwähnt in seiner »physiologischen Optik« blofs Fraunhofer's Methode zur vergleichenden Messung der Stärke des farbigen Lichtes.

apparates, durch ein seitliches Rohr, welches mit der Austrittsfläche des Prisma denselben Winkel bildet, wie das Ablesefernrohr, weißes Licht von genügender Stärke fallen, so ist der Helligkeitseindruck des Weiß ein so überwiegender, daß die Spectralfarben vollständig ausgelöscht werden. Kann das weiße Licht bloß durch eine schmale Spalte zum Prisma gelangen, so erhält man einen entsprechenden weißen Streifen, welcher die ganze Breite des Spectrums durchzieht, dessen Farben oberhalb und unterhalb des weißen Streifens in unveränderter Helligkeit und unverändertem Farbenton — diese Behauptungen mögen vorläufig noch gestattet seyn — sichtbar bleiben.

Schon der oberflächlichste Versuch zeigt, daß mit Abschwächung des weißen Lichtes der weiße Streif einen schwachen Anflug von den benachbarten Spectralfarben annimmt, zunächst im Orange und Gelb und dem weniger brechbaren Theil des Grün; mit zunehmender Abschwächung des weißen Lichtes auch in den übrigen Stellen des Spectrums. Geht die Minderung des weißen Lichtes noch weiter, so werden die Farben des Streifens immer mehr gesättigt, *bis schliesslich die von den reinen Spectralfarben erleuchteten Stellen des Sehfeldes nicht mehr unterschieden werden können von den durch das abgeschwächte Weiß und den Spectralfarben zugleich erleuchteten Stellen.*

Das Auge besitzt eine sehr große Unterscheidungsempfindlichkeit für die Sättigungsgrade der Farbe, d. h. für Beimischung von Weiß zu einer reinen Farbe. Diese Leistung geht sogar erheblich weiter als die gewiß nicht schlechte Unterscheidungsempfindlichkeit für eben noch merkbare Intensitätsdifferenzen gleichfarbigen Lichtes. Der neueste Experimentator über diese Frage, Aubert ¹⁾, giebt auf Grund seiner an der Masson'schen Scheibe angestellten Versuche an, daß die Gränze der Empfindlichkeit für eine Pigmentfarbe erreicht wird, wenn dieselbe mit 120 bis 180 Theilen Weiß gemischt ist. Nach demselben Forscher erzeugt ein Zusatz von $\frac{1}{300}$ Weiß zu einem gesättigten Pig-

1) Physiologie der Netzhaut, Breslau 1865, S. 139.

ment eine »sehr deutliche und auffallende Veränderung in der Nuance ihrer Farbe« und es soll eine noch geringere Menge Weiß genügen, um eine »eben merkliche« Veränderung der Nuance hervorzubringen¹⁾. Das Auge besitzt also eine mehr als genügende Fähigkeit, um den Punkt, auf den es bei meinem Verfahren ankommt, richtig erkennen zu können; die Empfindlichkeit des Auges könnte sehr viel geringer seyn, ohne unserem Zwecke Eintrag zu thun.

Zu meinen Beobachtungen dient ein trefflicher Kirchhoff-Bunsen'scher Spectralapparat, No. 116 des neuesten Preiscourantes der Steinheil'schen Werkstätte. Das vor der Eintrittspalte für das Licht befindliche Prisma, welches bei der chemischen Spectralanalyse zur Zuführung des Lichtes der zweiten Lichtquelle dient, wird entfernt; ebenso die Scala des sog. Scalafernrohrchens. Statt letzterer wird auf das Fernrohrchen eine Messingplatte angeschraubt, welche mit einer horizontalen Spalte *a* versehen ist, die 2 Mm. hoch und 17 Mm. lang, also nahezu so breit ist, wie der Querdurchmesser der Röhre selbst. Eine vor der Spalte *a* befindliche Lichtquelle wirft somit den geforderten weißen Streifen quer durch die Mitte des Sehfeldes auf das Spectrum, welches dadurch in eine obere und untere Hälfte abgetheilt wird.

Als Lichtquelle für den Streifen könnte Sonnenlicht, unter Umständen selbst diffuses Tageslicht benutzt werden, mit dem Vortheil, rein weißes Licht verwenden zu können. Da aber die Stärke dieser Lichtquelle auch an wolkenlosen Tagen erheblich schwankt, so gebe ich dem konstanteren Licht (*P*) einer Petroleumlampe mit circulärem Docht den Vorzug, dessen größtmögliche Constanz durch eine Blendung hergestellt wird. Ist das Licht *P* stark genug gegenüber der Lichtquelle, deren Intensität spectralanalytisch untersucht werden soll, so sind die Spectralfarben im Be-

1) Dafs diese Leistungen mit der Lichtstärke der Farbe und des Weiß variiren, versteht sich von selbst. Sie werden aber auch bei sehr geringen Helligkeitsgraden immer noch hinreichen, um zur Farbenphotometrie gut verwendet werden zu können.

reich unseres horizontalen Streifens vollständig ausgelöscht. Der Streif erscheint im Roth, Gelb, Grün für mein Auge tadellos weiß, d. h. das gelbe Licht *P* verliert seinen Farbenton gegenüber dem Contrast jener reinen gesättigten, wenn auch viel lichtschwächeren Spectralfarben ¹⁾. Im Blau und Violett nimmt der Streif eine sehr schwach gelbliche Nuance an, offenbar weil diese Spectralfarben gegenüber der Helligkeit des weißen Streifens sehr schwach sind. Eine gehörige Abschwächung der Helligkeit des Streifens unterdrückt aber dieses, kaum noch merkliche, minimale Gelb und auf solchen Abschwächungen beruht eben meine Methode ²⁾. Unser Zweck würde übrigens nicht beeinträchtigt, wenn auch der Streif irgend welchen intensiveren Farbenton bieten, oder wenn man ihm absichtlich eine Färbung geben würde, da es sich ja immer darum handelt, den Farbenton des Streifens so abzuschwächen, daß letzterer nicht mehr unterschieden werden kann vom reinen Spectrum. Nebenbei gesagt ist die Anwendung farbiger Streifen zu anderen Zwecken, z. B. zum Studium der Farbenmischungen, sehr empfehlenswerth.

Schwäche ich die Lichtquelle *P* ab, so erhält der Streif den schon erwähnten schwächsten Farbenanflug; um diesen Punkt zu erreichen, muß die Abschwächung im Gelb und dem benachbarten Orange am geringsten sein, weitaus am größten im Violett. Durch stufenweise Abschwächung ist nach und nach der ganze Streif verschwunden, so daß er nicht mehr von den übrigen Stellen des spectralen Sehfeldes

- 1) Eine Farbe erscheint uns weiß oder weißlich, nicht bloß — wie gewöhnlich gesagt wird — wenn sie ein gewisses, absolut sehr großes, Maximum der Lichtstärke erreicht hat, sondern auch unterhalb dieses Maximum, wenn sie neben eine Farbe gleichen Tones, aber viel geringerer Lichtstärke, gestellt wird.
- 2) Verdeckt man das Spectrum oder entfernt man die auf das sogenannte Scalafernöhrchen angeschraubte Platte, welche mit der horizontalen Spalte versehen ist, und läßt intensives Lampenlicht in das Rohr fallen, so ist das ganze Spectrum ausgelöscht und — in letzterem Fall, — das ganze Sehfeld von einem noch deutlicherem Gelb erleuchtet, weil der Contrast der Spectralfarben jetzt wegfällt.

unterschieden werden kann. Man hat also die Aufgabe, für jede Stelle des Spectrums die noch übrig bleibende Stärke der Lichtquelle P zu bestimmen, bei welcher der zugehörige Theil des Streifens eben verschwindet.

Zur Abschwächung des Lichtes P benutze ich Rauchgläser von genau ermittelter verdunkelnder Kraft oder Zusammenstellungen solcher Gläser. Die allmälige Entfernung des Lichtes P versuchte ich aus dem Grunde nicht, weil sie nicht wirksam genug ist, da es sich bei unserer Aufgabe, z. B. im Violett, um sehr grofse Minderung der Lichtstärke P handelt. Auch wäre bei einem solchen Verfahren grofse Vorsicht nöthig, selbst wenn man die Lampe in einer Führung verschieben würde, um die Richtung der Lichtstrahlen zur Spaltöffnung a unverändert beibehalten zu können ¹⁾.

Um die verschiedenen Stellen des Spectrums auf das Genaueste zu bestimmen, setze ich auf die horizontale Spalte a einen in einem Falz laufenden undurchsichtigen Schieber, in welchem eine mit s'Gravesand'schen Schneiden versehene vertikale, 4eckige Spalte angebracht ist, die im senkrechten Durchmesser 1,55 Mm., im wagrechten 0,47 Mm. breit ist, so dafs das weifse Licht von P blofs auf einen kleinen, etwa $\frac{1}{17}$ der ganzen Spectralbreite betragenden Bezirk des Spectrums fällt. Die »bewegliche« Spalte — so wollen wir sie nennen — wird auf jede Stelle des Spectrums eingestellt mittelst einer, mit einem kreisförmigen Schlitz versehenen Alhidade. Ein auf dem einen Ende des Schiebers rechtwinklig angebrachter Stift steckt in dem Schlitz und wird, sammt dem Schieber, durch einen an der Alhidade bequem angebrachten Handgriff verschoben. Die Verschiebung selbst wird an einem graduirten Kreisbogen abgelesen ²⁾.

- 1) Die Verwendbarkeit dieses Verfahrens zur Erzielung schwacher Abschwächungen von P werde ich übrigens möglichst bald experimentell prüfen.
- 2) Die übliche Methode, welche mittelst der beleuchteten festen Scala des sog. Scalafernöhrchens die einzelnen Stellen des Spectrums misst, ist nicht für alle Fälle anwendbar. Ist das Spectrum überhaupt schwach,

Das durch die bewegliche Spalte fallende Licht *P* muß zur Spalte immer so stehen, daß dieselbe das *Maximum* der Beleuchtung empfängt. Bei vorübergehender Verdeckung des Spectrums läßt sich, durch geringe Verschiebung der Lampe in einer mit der Ebene der Spalte parallelen Richtung, der Punkt der maximalen Beleuchtung schnell finden. Aber auch diese kleine Mühe kann erspart und dabei der weitere Vortheil einer noch gesicherteren Constanz der Wirkung der Lichtquelle *P* erreicht werden, wenn man die bewegliche Spalte mit einem matten Glase verdeckt, das etwa 5 Mm. vor der Spalte sich befindet, damit nicht die bekannten Ungleichheiten dieser Gläser — die unter dem Microscop von einer kleinsten Stelle zur andern als ganz enorm sich erweisen — ungleiche Erleuchtung in den verschiedenen Bezirken des auf das Spectrum geworfenen Spaltenbildes hervorrufen. Das matte Glas läßt bloß diffuses Licht in die Spalte fallen, und bei jeder Lage der letzteren, ohne daß man die Lichtquelle *P* verschiebt, bleibt die Helligkeit der Spalte dieselbe. Ich habe dieses Verfahren, auf das ich erst in den letzten Tagen gekommen bin, bis jetzt noch nicht bei meinen Farbestärkemessungen ausgeführt; es erscheint mir aber als höchst empfehlenswerth.

Die Lichtquelle *P*, d. h. den weißen Streifen im Spectrum, schwäche ich, wie erwähnt, mittelst Rauchgläser ab. Am Ende dieses Aufsatzes komme ich auf den Gegenstand zurück. Solche Gläser sind nicht leicht zu beschaffen. Opticus Merz in München lieferte mir etwa ein Dutzend Gläser in Brillenform, den Rest seines Vorrathes, mit sehr

oder kommt man in die lichtarmen Theile eines sonst hellen Spectrums, so überwiegt der Lichteindruck der Scala derartig, daß der Eindruck der benachbarten lichtschwachen Theile des Spectrums beeinträchtigt wird. Die Schwächung des Scalenlichtes, welche Kirchhoff und Bunsen (diese Annalen Bd. CXIII, 1861) empfehlen, darf natürlich nur bis zu einer gewissen Gränze geschehen. Zudem ist die Ablesung an der Scala für manches Auge anstrengend.

Hält man sich an den einen Rand unserer beweglichen Spalte, oder wählt man (was für möglichst genaue Ortsbestimmungen am empfehlenswerthesten seyn dürfte) eine sehr feine lineare Spalte, so kann man

verschiedener verdunkelnder Kraft. Das schwächste läßt 0,603, das stärkste 0,138 des senkrecht auffallenden Lichtes durch. Professor v. Gräfe's großer Gefälligkeit verdanke ich zwei ansehnliche Rauchglasplatten, jede von etwa 70 Quadratzoll Größe. Die eine hellere erwies in ihrem ganzen Bereich dieselbe verdunkelnde Kraft; sie läßt 0,404 Licht durch; die andere dunklere ist nicht überall gleich dick; sie wirkt durchschnittlich so stark wie etwas weniger als 4 der schwächeren Gläser zusammen. Ein solches Glas läßt bloß 0,029 Licht durch. Aus diesen Platten wurde

am Gradbogen der Alhidade den Ort jeder Stelle des Spectrums ebenso genau wie bequem bestimmen. Die Spalte verträgt, ohne undeutlich zu werden, eine sehr viel größere Verdunkelung, als die vielen feinen Linien der üblichen Scala; Verdunkelungen der Art beeinträchtigen den Eindruck des äußersten Roth und äußersten Violett in keiner Weise. Man hat natürlich vor dem jedesmaligen Gebrauch des Instrumentes sich zu überzeugen, daß der rechte oder der linke Rand der Spalte mit dem senkrechten Faden des Ablesefernrohrs und mit einer bestimmten Grad-einstellung der Alhidade, also auch mit einer unveränderlichen Stelle des Spectrums zusammenfällt.

Ich glaube, für alle Zwecke der Spectralbeobachtung die Anwen-dung der beweglichen Spalte statt der beleuchteten Scala empfehlen zu dürfen. Der Schieber läßt sich leicht herausnehmen und mit einem von anderer Beschaffenheit, z. B. von engerer Spalte, vertauschen. Die Scalengrade der Alhidade sind vor dem Gebrauch ein- für allemal mit den wirklichen Verschiebungen der beweglichen Spalte zu vergleichen. Bei meinem Exemplar sind die wirklichen Verschiebungen der Spalte nicht proportional den Verschiebungen an der graduirten Scala; im äußersten Roth entspricht einer Verschiebung um 1° eine Verschiebung der Spalte um 0,35 Mm., im äußersten Violett dagegen um 0,45 Mm. Eine bestimmte Einstellung auf die Scala der Alhidade entspricht unter allen Umständen, ich mag den Schieber noch so oft hin- und herbe-wegt haben, aufs Genaueste einer bestimmten Verticallinie des Schfel-des z. B. dem verticalen Faden des Ablesefernrohrs. Uebrigens läßt sich durch Veränderung der Form des Alhidadenschlitzes und der Stel-lung der Axe, um welche die Alhidade sich dreht, die Einrichtung so treffen, daß die Spaltverschiebungen mit den Scalagraden genau parallel gehen. Die ganze Schfelbreite beträgt 35,2 Grade meiner Alhidade, wovon auf das gewöhnliche Spectrum etwas über die Hälfte kommt. Zehntelsgrade lassen sich mit vollkommener Sicherheit ablesen.

Mechanicus Albrecht hierselbst fertigt die Alhidade um den Preis von 17 Gulden.

eine Anzahl kleinerer von etwa 4 Quadratzoll geschnitten und der photometrische Werth jedes derselben besonders bestimmt.

Die Anwendung der Rauchgläser gestattet blos sprungweise zunehmende Verdunklungen; ich werde aber weiter unten zeigen, daß diese Abstufungen der Lichtstärke für unsere Aufgabe viel empfehlenswerther sind, als successive Abminderungen, die durch lauter unmerkliche Zwischenstufen in einander übergehen. Allerdings kommt es auf die Größe der sprungweisen Minderung wesentlich an; je geringer sie ist, um so genauere Messungen gestattet sie. Da jedoch die verschiedenen Stellen des Spectrums ganz unglaubliche Verschiedenheiten der Lichtstärke zeigen — Verschiedenheiten, von denen unsere unmittelbare Sinnlichkeit, die absolut unfähig ist, auch nur grobe Multipla der Empfindungsgrößen percipiren zu können, gar keine Ahnung hat — so genügt die Anwendung starker successiver Abschwächungen zu vielen Zwecken vollständig, überhaupt aber, auch bei den genauesten Bestimmungen, welche die Approximation so weit als möglich treiben, zur ersten Orientirung. Schwäche ich z. B. die zu untersuchende Lichtquelle, eine Petroleumlampe, mit einem Rauchglas von 0,606 verdunkelnder Kraft (daß also 0,404 Licht durchläßt) ab, so brauche ich ein starkes Rauchglas (0,029), um das beigemischte Weiß im hellsten Theil des Spectrums noch zu erkennen, während die Hinzufügung eines schwachen Glases (0,404) die Beimischung des Weiß aufhebt. Dagegen brauche ich im äußersten Violett nicht weniger als 3 starke Rauchgläser plus 1 bis 2 schwache, um diese beiden Punkte, die Ebenmerklichkeit und die Nichtmehrmerklichkeit des dem Violett beigemischten minimalen Weiß zu erhalten.

Die Lichtstärke der verschiedenen Stellen des Spectrums verhält sich demnach proportional der, durch Rauchgläser abgeschwächten Lichtstärke der Spalte *a*, bei welcher das schwache Weiß der Spalte eben anfängt, ununterscheidbar zu werden, wo also, mit anderen Worten, die Contouren der Spalte verschwinden. Man bestimmt also die relative

Lichtstärke, einerseits für diejenige maximale Zahl von Rauchgläsern, bei welcher die Spalte zuletzt noch sichtbar ist (Lichtstärke α) und andererseits die, nach Hinzufügung eines einzigen weitem Rauchglases vorhandene Lichtstärke (β), bei welcher die Spalte verschwunden ist und hat selbst in dem Fall, daß α und β noch ziemlich weit auseinanderstehen, in dem Mittel beider Werthe eine sehr leidliche Approximation der wahren Lichtstärke der Farbe ¹⁾.

Will man sich nicht mit diesen Mittelwerthen begnügen — auch ich beabsichtige das keineswegs — so empfehle ich zur weiteren Abschwächung der Lichtstärke α schwache Rauchgläser, welche etwa $\frac{1}{3}$ des Lichtes durchlassen. Auch könnte man gewöhnliche diaphane Gläser verwenden, die schichtweis übereinander gelegt, genügend viel Licht reflek-

- 1) In dem vorhin angegebenen Beispiel war die Zulage eines „schwachen“ Rauchglases nöthig, um die Merkllichkeit der Spalte in eine Unmerklichkeit zu verwandeln. Ein derartiges Glas schwächt die, bei der Ebenmerkllichkeit vorhandene, Lichtstärke der Spalte um 0,6. Nun ist aber, wenn durch eine Reihe Rauchgläser die Intensität von P bedeutend abgemindert ist, die Lichtstärke der Farbe eine enorme gegen die Lichtstärke der Spalte. Taxire ich die Lichtstärke der Farbe — was sehr viel zu niedrig gegriffen ist — 100mal größer als die Lichtstärke des eben noch merklichen beigemischten Weißs der Spalte, so verwandelt die Zulage eines neuen Rauchglases, welches die Spalte unmerklich macht, die Lichtstärke des Spaltenlichtes in $\frac{1}{100}$ der Lichtstärke der Farbe. Man sieht, daß sehr schwache Rauchgläser — auf deren Anwendung ich sogleich komme, einzeln genommen von keiner merklichen Wirkung seyn können.

Man braucht für unseren Zweck nicht einmal zu wissen — und ich könnte auf diese Frage vorerst noch keine sichere Antwort geben — wie groß die Zumischung des weißen Lichtes zu den reinen Spectralfarben seyn muß, um letztere von den mit etwas Weiß versetzten Spectralfarben eben noch unterscheiden zu können. Meine Methode bietet übrigens ein bequemes Hülfsmittel, um auch diese Frage beantworten zu können.

Sollte es sich herausstellen, daß das Verhältniß des zugemischten Weißs bei den einzelnen Farben verschieden — ja selbst sehr verschieden — seyn muß, um einen eben noch merklichen Unterschied der Sättigung der Farbe zu erhalten, so würde dadurch nur die Größe des möglichen Beobachtungsfehlers in den einzelnen Bezirken des Spectrums variabel, die Methode aber keineswegs gefährdet werden.

tiren und auch ein Minimum absorbiren, um die beabsichtigte Schwächung zu erreichen.

Ich besitze bis jetzt leider blofs 3 Exemplare schwächerer Rauchgläser; das schwächste ist aber immer noch zu stark, indem es blofs 0,60 Licht durchläßt.

Wenn es sich um ganz genaue Abstufung des Lichtes P handelt, so könnte man den Uebergang von einem Rauchglas zum anderen vermitteln durch allmälige Entfernung der Lampe P , ein Verfahren, das ich, aus oben angegebenen Gründen, bis jetzt noch nicht prüfte. Man kann aber auch die Stärke der *ursprünglichen* Lichtquelle *etwas* abändern und zwar in doppeltem Sinne. Ist das Weiß von P in der Spectralfarbe noch merklich, so vergrößert man die Spectralspalte; die Intensität von P wird dann im Verhältniß zur stärker gewordenen Farbe geringer, d. h. die Zumischung des Weißs ist nicht mehr zu erkennen. Desgleichen kann man die eben eingetretene Unmerklichkeit des Weißs durch Verkleinerung der Spectralspalte wieder merklich machen. Dabei darf ich ohne wesentliche Fehler voraussetzen, *dafs das relative Helligkeitsverhältniß der einzelnen Spectralfarben keine erhebliche Aenderung erleidet, wenn das Spectrallicht nur wenig verstärkt oder geschwächt wird.* Ist jedoch die Aenderung der Stärke des Spectrallichtes eine irgend erhebliche, so ändert sich dieses Verhältniß sehr merklich und ich glaube, gerade in der Leichtigkeit und Schnelligkeit, mit welcher photometrische Bestimmungen der Art nunmehr ausführbar sind, einen besonderen Vorzug meiner Methode zu finden. Ich werde weiter unten zeigen, dafs die Lichtstärke von Orange und Gelb (Petroleumlicht als Lichtquelle vorausgesetzt) bei stark abnehmender Helligkeit bedeutend vermindert wird, während das an sich lichtschwache Violett eine sehr viel geringere Beeinträchtigung erfährt. Diese Thatsache ist der neueren Wissenschaft wohl bekannt, aber es fehlte bisher, meines Wissens, an genaueren numerischen Bestimmungen. Ich glaube, dafs Veränderungen in der Breite des Spectralspaltes um $\frac{1}{10}$ noch zulässig sind. Hat z. B. das Licht $P_{\frac{1}{500}}$ der Licht-

stärke der photometrisch zu messenden Farbe, so verändert eine Vergrößerung der Spectralspalte um $\frac{1}{10}$ das Verhältniß in $\frac{1}{10}$. Die Spaltänderungen müssen aber so rasch geschehen, daß sie der plötzlichen Wirkung eines zugefügten oder weggenommenen schwachen Rauchglases entsprechen¹⁾.

Ich habe nur noch ein letztes Desiderium des Spectralapparates als photometrischen Instrumentes zu erwähnen. Es ist ein großer Uebelstand, daß den Apparaten keine Nebenvorrichtung beigegeben wird, um alle Stellen des Spectrums abblenden zu können, außer derjenigen, um deren Untersuchungen es sich eben handelt. Das Auge wird dadurch sehr angestrengt und die Lichtstärke der hellen Stellen erschwert durch ihren Contrast die Untersuchung der dunkleren. Ich lasse mir gegenwärtig in das Ablesefernrohr — an der Stelle des Fadenkreuzes — eine größere Platte einfügen, die in der Mitte ein kreisförmiges Loch hat, welches das ganze Spectrum zu übersehen gestattet, aber auch durch zwei bewegliche Schieber mit verticalen Rändern beliebig und an jeder Stelle verengt werden kann. Dann erst ist man im Stande, unbehellig von

- 1) Die von der trefflichen Steinheil'schen Werkstätte construirten Spectroscopspalten gestatten keine *directen* Ablesungen der Spaltbreite am Apparat selbst. Ich ließ mir deshalb eine bewegliche Spalte verfertigen, deren Schraubenkopf mit einer Theilung in 100 Theile versehen ist, so daß, bei der Höhe des Schraubenganges von 0,245 Millm. noch der hundertste Theil dieses Werthes bei der Veränderung der Spaltbreite bestimmt werden sollte. Mein Apparat leistet zwar etwas weniger, doch sind vollendete Micrometerschrauben für unseren Zweck, wo bloß relativ große Aenderungen der Spaltbreite noch von praktischem Werth sind, überflüssig.

Veränderbare Spalten ohne Index sind auch für die gewöhnlichen Zwecke des Heliostatengebrauches mit gewissen Nachtheilen verbunden. Die Spaltbreite muß, wenn man ganz sicher seyn will, vor dem jeweiligen Gebrauch unter dem Mikroskop gemessen werden. Ich siehe deshalb eine, mehrere Linien breite, feste Spalte vor, in welche ich einen Schieber einsetze, der wiederum mit einer constanten, viel schmälern, Spalte versehen ist. Der vorhin genannte Mechanicus verfertigte mir 3 Exemplare der Art von 0,25—0,33 und 0,4 Millm. Spaltbreite, deren Ränder, bei einer Länge von 24 Millm., unter dem Mikroskop, was ich nicht erwartet hätte, als tadellos parallel sich erwiesen.

fremdem störenden Licht zu arbeiten; bis ich im Besitz dieser unentbehrlichen Vorrichtung bin, kann ich bei den unten mitzutheilenden photometrischen Bestimmungen die für das Violett angegebenen Zahlen nur für provisorische ansehen.

Um bei dieser ersten Mittheilung nicht zu umständlich zu werden, spare ich die Erörterung mancher Cautelen auf eine spätere Gelegenheit ¹⁾. Ebenso ist es mir zur Zeit noch unmöglich, eine erschöpfende Experimentalkritik der Methode zu geben und beschränke ich mich auf die Versicherung, daß ich für dieselbe Lichtquelle und dieselbe Helligkeit der letzteren immer dieselbe oder sehr nahezu dieselben Resultate bezüglich der Lichtstärke ihrer Einzel Farben erhalten habe. Die Leistungsfähigkeit des Auges für unsere Aufgabe ist für mich über allen Zweifel erhaben; die einzige Schwierigkeit, die ich noch nicht vollständig überwand, ist die Herstellung einer tadellosen Constanz der Lichter meiner beiden Petroleumlampen. Vor dem Versuch mache ich sie immer gleich stark und prüfe die Gleichheit mittelst der Rumford'schen Methode. Die Abblendung der Flammen geschieht durch Diaphragmen von $6\frac{1}{2}$ Mm. Oeffnung; Flamme P steht von der beweglichen Spalte 40 Mm., die andere von der Spectroscopspalte 30 Mm. ab. Alle Einrichtungen sind so getroffen, daß die Stellung des Flammenlichts zu der respectiven Spalte in jedem Versuch genau constant bleibt. Der unveränderten Constanz des Lichtes versichere ich mich während der Versuche dadurch, daß ich von Zeit zu Zeit eine der vorangegangenen Bestimmungen der Lichtstärke einer bestimmten Stelle des Spectrums wiederhole.

1) Auch die wechselnde Accommodation des Auges bereitet unter Umständen kleine Schwierigkeiten, namentlich im Roth. Die Farben des Spectrums erscheinen so, als ob sie nicht in gleicher Entfernung vom Beobachter liegen; Brücke hat neuerdings verwandte Erscheinungen, die sich jedoch nicht auf das Spectrum beziehen, bezüglich der von ihm so genannten vorspringenden und zurücktretenden Farben (in den Wiener academischen Sitzungsberichten 1868 Juli) besprochen.

In Folgendem gebe ich einige vorläufige Proben der Leistungen meiner Methode und wähle als Beispiele die Lichtstärke des Spectrums der Flamme einer Petroleumlampe (von oben erwähnter Beschaffenheit), sodann das Spectrum des durch ein rothes Glas durchgehenden Lichtes dieser Lampe und schliesslich zwei Beispiele der Lichtstärke des von Pigmenten reflectirten Lichtes.

Das Spectrum nimmt vom Roth bis zum äussersten Violett etwa 13 Spaltbreiten meiner »beweglichen« Spalte ein; um das ganze Spectrum zu untersuchen, muss also die Spalte 12mal fortgerückt werden. Für jeden dieser 13 Bezirke des Spectrums ¹⁾ gebe ich den nachfolgenden Tabellen den photometrischen Mittelwerth. Meine Aufzeichnungen unterscheiden übrigens häufig 2 Hälften, drittel oder noch kleinere Theile des ganzen Bezirks. Wollte ich das Alles aufnehmen, wodurch allerdings manche starke Sprünge der Lichtstärke von einem Bezirk zum benachbarten vermieden würden, so würden die Tabellen zu wenig übersichtlich.

Im Violett habe ich $\frac{3}{4}$ des »den Fraunhofer'schen Linien *G* und *H* entsprechenden Raumes untersucht, indem ich so weit vordrang, als ich noch eine schwächste Spur der Farbe erblicken konnte. Dagegen liess ich das äusserste Roth unberücksichtigt, dessen photometrischen Werth ich erst bestimmen kann, wenn die oben erwähnte, im Ablesefernrohr anzubringende Vorrichtung zur Abblendung aller andern Theile des Spectrums fertig geworden ist. Der Anfang des von mir gemessenen Roth in der linken Verticalreihe der nächsten Tabelle liegt zwischen *A* und *a*, und zwar sehr nahe bei *a*.

Die Gränze zwischen Roth und Orange, die für mich subjectiv gar nicht existirt, habe ich an die Stelle *C* verlegt. Was die Angaben über das äusserste Violett betrifft, so erinnere ich an den oben gemachten Vorbehalt.

Die Zahlen in den nachfolgenden Tabellen bedeuten die

1) Bezüglich der, nicht bedeutenden, Disproportionalität zwischen den Alhidadengraden und den wirklichen Verschiebungen der beweglichen Spalte erinnere ich an das früher Bemerkte.

Lichtstärke des von der beweglichen Spalte auf das Spectrum geworfenen weissen Streifens, bei welcher derselbe eben aufhört, von der entsprechenden (darüber und darunter liegenden) reinen Spectralfarbe noch unterschieden werden zu können. Ich habe kaum zu erinnern, daß, mittelst genauer abgestuften Rauchgläser, die Approximation viel weiter zu treiben wäre. Die zu eben genanntem Zweck erforderliche Lichtstärke des weissen Streifens wird hergestellt durch eine Combination von Rauchgläsern, welche die Lichtquelle P unter Umständen enorm schwächen müssen. Um für die geringste Lichtstärke P noch ganze Zahlen zu erhalten, mußte die, durch kein Rauchglas geschwächte Lichtquelle = 10 Millionen gesetzt werden. Derselben wird die Stärke des zu analysirenden Lichtes (in der ersten Verticalcolumnne der nächsten Tabelle) = 10 Millionen gesetzt. Durch den Schattenversuch ist, wie schon erwähnt, dieses Licht vor den Beobachtungen der Lichtstärke P gleich gemacht worden.

Die Zahlen der Tabellen sind proportional den Lichtstärken der betreffenden Spectralfarben. Die Lichtstärke des hellsten Bezirkes ist nicht etwa als Einheit angenommen, sondern angegeben in ihrem Verhältniß zur Lichtstärke $P = 10$ Millionen. Dadurch wird die Vergleichbarkeit mit den anderen parallelen verticalen Reihen erleichtert.

Lichtstärke des Spectrums der Petroleumflamme. Spaltbreite 0,23 Mill.

Alhidaden- grade	Volle Flamme 10 Millionen Lichtstärke	Mit einem „schwachen“ Rauchglas geschwächte Flamme 3 970 000 Lichtstärke	Mit vier schwachen Rauchgläsern geschwächte Flamme 248 000 Lichtstärke	
31,8—30,1	18 120	5 850	908	Roth
30,1—28,7	80 000	45 600	1 322	
			29,8 Anfang Orange	Orange
28,7—27,3	457 600	202 200	18 120	
			28,0 Anfang Gelb	Gelb

Albidaden- grade	Volle Flamme 10 Millionen Lichtstärke	Mit einem „schwachen“ Rauchglas geschwächte Flamme 3 970 000 Lichtstärke	Mit vier schwachen Rauchgläsern geschwächte Flamme 248 000 Lichtstärke		
27,3—25,9	457 600	45 600	8 386	27,2 Anfang Grün	Grün
25,9—24,5	202 200	31 810	3 329		
24,5—23,1	114 900	31 810	2 330	23,4 Anfang Blau	
23,1—21,7	45 600	17 800	366		Blau
21,7—20,3	12 600	525	169	etwa 20, An- fang Violett	
20,3—18,9	5 850	525	125		
18,9—17,5	920	243	125		Violett
17,5—16,1	525	170	96		
16,1—14,7	243	96	96		
14,7—14,0	96	96	96		

Diese 3 Reihen sind in Taf. I graphisch verzeichnet. Das stärkste Licht im Gelb und dem benachbarten Orange und Grün ist 4600 mal stärker als das äußerste Violett. Auch bei 40mal geringerer Lichtstärke behauptet Gelb und das benachbarte Orange seine Superiorität, doch werden die an sich helleren Bezirke des Spectrums viel stärker abgeschwächt, als die minder hellen. Das äußerste Violett ist nunmehr blofs 19mal lichtärmer als das Gelb. Der

breite Bezirk des Violett dominirt deshalb relativ in jeder gemischten lichtarmen Farbe; daher die blaue Nuance vieler Farben bei geringerer Beleuchtung. Eine Abschwächung des äußersten Violett bei abnehmendem Licht geht aus meiner Tabelle nicht hervor; die Abschwächung versteht sich von selbst, jedenfalls ist sie aber eine verhältnißmäßig sehr geringe. Doch ich habe in diesem Aufsatz nicht vor, Schlüsse zu ziehen, und wende mich zum zweiten Beispiel.

Lichtstärke des durch ein rothes Glas durchgegangenen Lichtes der Petroleumflamme.

Alhidaden- grade	Volle Flamme. 10 Millionen Lichtstärke	Mit zwei schwachen Rauchgläsern geschwächte Flamme. 1 576 100 Lichtstärke	Mit einem starken Rauchglase geschwächte Flamme. 289 600 Lichtstärke	Mit zwei starken Rauchgläsern geschwächte Flamme. 8 386 Lichtstärke
32,0')—31,5	384	366	keine Farbe	keine Farbe
31,5—30,1	2614	2325	923	$\frac{1}{2}$ links ²⁾ keine Farbe $\frac{2}{3}$ Roth 169
30,1—28,7	13256	10872	923 in der Mitte ein Absorp- tionsstreif, das mittlere Drit- tel des Bezirks einnehmend	$\frac{1}{2}$ Roth 169 Absorptions- streif $\frac{1}{2}$ Roth 38
28,7—28,0 ³⁾)	13256	2325	923	38 ⁴⁾

1) Dieses Spectrum wurde etwas weiter in das äußerste Roth verfolgt.

2) 28,0 Ende des Spectrums. Rothcs Glas läßt bekanntlich bloß Roth und Orange durch.

3) d. h. im weniger brechbaren Theil.

4) So schwaches Licht, daß die Angabe nur approximativ seyn kann.

Der Absorptionsstreif der 3ten verticalen Columnne erscheint schwarz, in der 4ten verticalen Columnne läßt er wieder eine Spur Roth erkennen; offenbar deshalb, weil der Contrast der Lichtstärke 38 zur Lichtstärke des Absorptionsstreifens nicht so groß ist wie bei der Lichtstärke 923. Ich bin — nebenbei gesagt — im Besitz ziemlich zahlreicher Erfahrungen über den photometrischen Werth solcher Absorptionsstreifen. Der Vergleich mit der ersten Tabelle führt sogleich zu Folgerungen, die ich jedoch der Kürze wegen unterlasse.

Zur Untersuchung der Stärke des von Pigmenten reflectirten Lichtes bringe ich z. B. Papiere vor die Spectroscopspalte, so daß sie mit letzterer einen Winkel von etwa 45° bilden; das Papier wird von der starken, durch keine Blendung abgeschwächten, also möglichst großen und dem Papier möglichst genäherten Flamme einer Petroleumlampe erleuchtet. Das weiße Papier der nachfolgenden Tabelle ist glänzendweiß und glatt, das rothe Carminpapier ohne Glanz. Das gelbrothe Licht der Flamme macht sich unter diesen Versuchsbedingungen nothwendig geltend.

Stärke des von Pigmenten reflectirten Lichtes einer Petroleumlampe.

Alhidadengrade	Weißes Papier	Roths Papier	Farben- gränze
31,0—29,6	linke Hälfte: 243 rechte „ 1322	243 1322	} Roth
29,6—28,2	2325	1322	
28,2—26,8	8288	gelb 525 grün 38	} Gelb
26,8—25,4	1322	38	
25,4—24 24—22,6	525 96	höchst lichtschwache Region	} Grün

Alhidadengrade	Weißes Papier	Roths Papier	Farben- grünze
22,6—21,2	38 ¹⁾		Blau
21,2—19,8	38		
19,8—18,4	15		Violett
18,4—17,0	6		
17,0—15,6	6		

Um aus obiger Tabelle nur eine Thatsache hervorzuheben, reflectirt diejenige Farbe, welche im Pigment dominiert, alles oder nahezu alles auffallende gleichfarbige Licht.

Die obigen Beispiele mögen genügen, um über die Leistungsfähigkeit der Methode ein vorläufiges Urtheil gewinnen zu können. Die Ergebnisse meiner bisherigen und der mit Hülfe feiner abgestufter Abschwächungen der Lichtquelle *P* künftig zu gewinnenden Messungen, werde ich, wenn sie sich ansehnlich vermehrt haben, später mittheilen. Ich hege sogar die Hoffnung, die Methode zur quantitativen chemischen Analyse z. B. der Pigmentfarben benutzen zu können.

Meines Wissens hat bis jetzt erst Preyer (Liebig's Annalen CXL 187) den Versuch gemacht, ein Pigment, den Blutfarbstoff, mittelst der Spectralanalyse quantitativ zu bestimmen. Sein Verfahren beruht darauf, daß eine concentrirte Blutfarbstofflösung, also auch reines Blut, alle Strahlen des Spectrums außer Roth absorbirt, während bei weniger concentrirten Lösungen ein Theil des Grün an einer bestimmten Stelle nicht absorbirt wird. Es handelt sich demnach darum, eine vor die Spectroscopspalte gebrachte Blutprobe allmähig so zu verdünnen, bis das Grün an-

1) Die geringe Lichtmenge nur approximativ bestimmt.

fängt* aufzutreten. Bestimmungen der Art beruhen also auf dem richtigen Erkennen eines einzigen Uebergangspunktes; doch liefse sich die Zahl der Reactionen noch vermehren, indem man auch das erste Auftreten anderer Farben bei stärkeren Verdünnungen in Betracht ziehen würde. Man sieht leicht, dafs die photometrische Methode an allen Stellen des Spectrums einer Farbstofflösung und bei allen möglichen Lichtstärken angewandt werden kann, so dafs bei einem und demselben Object die Versuchsbedingungen unendlich variirt und die photometrischen Bestimmungen beliebig vervielfältigt werden können. Vorversuche mit einer gesättigten Kupfervitriollösung — obschon mit ungenügenden Hilfsmitteln ausgeführt — haben mir recht befriedigende Ergebnisse geliefert.

Die *Rauchgläser* und die Bestimmung ihres photometrischen Werthes werde ich seiner Zeit ausführlich besprechen; mir wenigstens war es nicht leicht, sogleich die besten speciellen Aenderungen bei der Messung ihrer verdunkelnden Kraft nach der Rumford'schen Methode aufzufinden, zum Theil deshalb, weil ich die Vorschriften des Autors nicht von Anfang an vollständig beachtete.

Meine »schwachen« Rauchgläser haben im auffallenden Licht eine schwach gelbliche, die »starken« Gläser eine schwach bläuliche Nuance; gleichwohl glaube ich nicht, dafs diese Farbenbeimischung von einer gefärbten Substanz im Glas selbst herrührt. Lege ich eine Anzahl schwacher Gläser übereinander, so erscheint das Licht der Petroleumflamme, diffuses Tages- oder das directe Sonnenlicht bläulich-violett. Mein geehrter College Reusch hatte die Güte, mir ein starkes Rauchglas keilförmig zu schleifen: die dünnen Stellen erwiesen sich als farblos.

Die Theorie verlangt und es ist Lambert's Verdienst auf den immer zurückgegangen werden mufs, wenn es sich um photometrische Fragen handelt, den Beweis geliefert zu haben, dafs die Zulage eines zweiten Rauchglases das durch das erste, gleich starke, Rauchglas geschwächte Licht in demselben Verhältnifs schwächt, wie das erste Rauchglas

die ursprüngliche Lichtquelle schwächt. Es handelt sich also nur darum, die verdunkelnde Kraft jedes einzelnen Glases für sich in zahlreich wiederholten Versuchen zu bestimmen; die Wirkung der combinirten Gläser wird dann durch Rechnung gefunden. Zu letzterem Zwecke sind natürlich keine Formeln nöthig. Die mir bekannten Formeln von Lambert, ferner die von Schmidt (analytische Optik, ed. von Goldschmidt, Göttingen 1834 §. 222) nehmen Factoren auf, z. B. die von den Gläsern reflectirte Lichtmenge, welche wiederum durch besondere, schwierig anzustellende Versuche gefunden werden müssen¹⁾. Dieses reflectirte Licht interessirt uns aber gar nicht; die directe Lösung der Aufgabe führt vollständig zum Ziel, d. h. man bestimmt nur die vom Glas durchgelassene Menge des senkrechten auffallenden Lichtes.

Ich begnügte mich bei meinen photometrischen Bestimmungen der Rauchgläser nicht mit der Untersuchung jedes Einzelglases für sich, sondern prüfte auf die Wirkung von 2, 3, 4 schwachen Gläsern zusammen. Außerdem prüfte ich die Lichtstärke eines schwachen Glases gegenüber 2 oder 3 combinirten Gläsern, sowie die Wirkung von 2 Gläsern gegenüber 3 und 4 Gläsern, und kam auf diesem mühsamen Wege zu Werthen — mein Auge erkennt noch $\frac{1}{126}$ Lichtstärkedifferenz an der allerdings besonders günstige Bedingungen gebenden Masson'schen Scheibe — mittelst der einfachen Rumford'schen Methode, die sich unter einander gegenseitig controliren.

Bei den starken Rauchgläsern kann ich zur Noth noch die Wirkung zweier zusammengekommen untersuchen, ob schon hier die geringe Stärke und die Farbennuance des

1) Wenn man nicht, mit Schmidt, eine aus fremden Beobachtungen abgeleitete Constante für das von jeder Glasplatte reflectirte Licht einführen will, was rein willkürlich wäre. Schmidt setzt in seiner Formel die lichtreflectirende Kraft der oberen und der unteren Glasfläche sogar geradezu gleich, obschon bereits Bouguer nachwies, daß die innere Reflexion stärker ist, als die äußere, etwa im Verhältniß von $\frac{1}{11}$ zu $\frac{1}{16}$.

Schattens die Bestimmung sehr erschwert. Gleichwohl stehen meine directen Messungen der verdunkelnden Kraft zweier starken Gläser der berechneten Wirkung noch ziemlich nahe.

Ich erhielt für die schwachen Rauchgläser, die sich als gleichartig erwiesen, folgende Werthe für das von den Gläsern durchgelassene Licht, wobei die Stärke des ungeschwächten Lichtes = 1 gesetzt wird.

1 Rauchglas 0,404 (Mittel aus 6 größeren Versuchsreihen)

2 Gläser 0,160 (" " 5 " ")

3 " 0,060 (" " 5 " ")

4 " 0,025 (" " 5 " ")

Um mit den direct gefundenen Werthen die berechneten zu vergleichen, gehe ich aus von der Wirkung (0,404) eines Glases und erhalte dann für die 3 Combinationen 0,163 — 0,064 und 0,025. Aus sämmtlichen durch Beobachtung gefundenen Werthen berechnet sich im Mittel die Wirkung eines einzigen Rauchglases zu 0,397, ein Werth, den ich meinen photometrischen Farbenbestimmungen zum Grund gelegt habe.

Tübingen, 30. März 1869.

Nachschrift.

In der letzten Zeit ging ich zur Messung der Farbenstärke der Spectren einiger chemischen Elemente und der Farbenstärke des Sonnenspectrums über. Das vom Heliostaten auf die Spectroskopspalte geworfene Sonnenlicht wurde durch ein vor der Spalte befindliches starkes Rauchglas auf 0,0289 des ursprünglichen Werthes geschwächt (wozu noch die Lichtschwächung durch die Heliostatenspiegel, das Flintglasprisma und die Linsen des Spectralapparates kommt). Die Spaltbreite betrug bloß $\frac{1}{17}$ Mm. Ich wählte eine Beobachtung vom 1. Mai, angestellt bei hellem Sonnenschein zwischen 9^h 30' und 11^h 30', heraus, und bemerke noch, daß Messungen an anderen Tagen dieselben oder höchstens, in Einzelbezirken des Spectrums, wenig abweichende Ergebnisse geliefert haben. Die Differenzen zwischen dem intensivsten Theil (Gelb) und dem schwächsten (äußerstes

Violett) sind viel größer, als Fraunhofer angab; wobei allerdings nicht zu vergessen ist, daß Fraunhofer geringere Lichtstärken, d. h. diffuses Tageslicht, vor sich hatte. Einige, jedoch erst vorläufige Versuche haben mir übrigens das auffallende Resultat ergeben, daß bei der Schwächung des Sonnenlichtes (durch Rauchgläser) das Verhältniß der Lichtstärken der Einzelfarbe bei Weitem nicht so stark alterirt wird, wie wir das Oben, beim Licht der Petroleumflamme fanden. Ich wähle blos eine Anzahl der gemessenen Bezirke heraus. Analog einer von Stokes und von Valentin (der Gebrauch des Spectroskopes zu physiologischen und ärztlichen Zwecken, Leipzig 1863 S. 47) gebrauchten, sehr bequemen Bezeichnungsweise heißt in Nachfolgendem z. B. $B_{\frac{7}{9}} C$ die Stelle des Spectrums, welche um $\frac{1}{9}$ des zwischen B und C liegenden Abstandes von B , also um $\frac{2}{9}$ jenes Abstands von C entfernt ist. Die Bedeutung der Werthe »Lichtstärke« ergibt sich aus dem früher Gesagten. Die Intensität des Gelb könnte höchstens noch um $\frac{1}{3}$ gesteigert werden, ohne meinem Auge blendend zu werden. Die Zahlen beziehen sich also auf ein sehr lichtstarkes Spectrum.

Bezirk des Spectrums.	Lichtstärke.
$a - a_{\frac{1}{2}} B$	80,000
$B_{\frac{7}{9}} C - C$	493,000
$C - C_{\frac{1}{11}} D$	1,100,000
$C_{\frac{9}{11}} D - C_{\frac{2}{11}} D$	2,773,000
$C_{\frac{1}{11}} D - D$	6,985,000
$D - D_{\frac{1}{13}} E$	7,891,000
$D_{\frac{1}{13}} E - E$	3,033,000
$b - F$	1,100,000
$F - F_{\frac{1}{4}} G$	493,000
$F_{\frac{3}{4}} G - F_{\frac{1}{4}} G$	90,600
$G - G_{\frac{13}{10}} H$	35,900
$G_{\frac{3}{10}} H - G_{\frac{13}{10}} H$	13,100
$G_{\frac{3}{10}} H - H$	5,800
jenseits H	900.

Tübingen, 17. Mai 1869.

III. Ueber das Verhalten der isolirenden Zwischenschicht eines Condensators; von Wilhelm von Bezold.

In den Bänden CXIV und CXXV dieser Annalen habe ich zwei Abhandlungen veröffentlicht, welche sich auf das Verhalten der isolirenden Zwischenschicht eines Condensators beziehen¹⁾. Das Resultat derselben war, daß die von Kohlrausch vertretene Ansicht, nach welcher sich das eigenthümliche Verhalten dieser Schicht, und die durch sie bedingten Erscheinungen der sogenannten Rückstandsbildung aus einem polaren Zustande der Glastheilchen erklären sollen, mit gewissen Thatsachen nicht vereinbar sey, und daß man deshalb versuchen müsse, den ganzen Vorgang aus dem Eindringen der Elektricität in den Isolator zu erklären.

Diese Behauptung hat von zwei Seiten her Angriffe erfahren, nämlich von Clausius²⁾ und in jüngster Zeit von Schwedoff³⁾. Wenn ich es bisher unterliefs, mich gegen die ersteren zu vertheidigen, so lag der Grund einfach darin, daß ich einem so bedeutenden Forscher wie Clausius nicht gern mit bloßen mathematischen Betrachtungen antworten, sondern abwarten wollte, bis ich im Stande wäre, jeden einzelnen Schluß mit schlagenden Versuchen zu belegen. Da aber nun von der andern Seite ein viel stärkerer Angriff erfolgte, ja sogar behauptet wurde, daß die Hypothese des Eindringens selbst von ihren Vertretern, worunter wohl ich verstanden bin, kaum klar begriffen sey, so will ich wenigstens mit einer vorläufigen Entgegnung nicht länger zögern.

Vor Allem gebe ich zu, daß die von Clausius erho-

1) Die erstere Abhandlung ist ein Auszug aus meiner Dissertation: Zur Theorie des Condensators. Göttingen 1860.

2) Abhandl. über die mechan. Wärmetheorie: Zweite Abtheilung S. 135 bis 163.

3) Diese Annalen Bd. CXXXV, S. 418 bis 437.

benen Einwände in gewisser Hinsicht vollkommen berechtigt, und aus einem einfachen Mißverständniß über den Endzweck meiner bisher über diesen Gegenstand veröffentlichten Abhandlungen entstanden sind. Er sagt nämlich unter anderem: »Insbesondere scheint es mir, als ob gerade über die wesentlichste Frage etwas zu kurz hinweggegangen sey, nämlich über die, ob sich überhaupt aus dem Eindringen der Elektrizität die Entstehung eines Rückstandes, welcher nach einiger Zeit wieder hervortritt, und eine der ursprünglichen Ladung gleichartige und nur der Stärke nach geringere Ladung bildet, erklären lasse«. Diesem Urtheile pflichte ich vollkommen bei, und habe dagegen nur zu bemerken, daß ich in jener Abhandlung den genannten Punkt nicht als den wesentlichsten ansah, sondern den ganzen Aufsatz bloß als Verläufer späterer Arbeiten betrachtete, deren Abschluß und Veröffentlichung sich freilich durch verschiedene äußere Hindernisse ungebührlich hinauszog. Deshalb verfolgte ich damals nur den, vielleicht nicht deutlich genug ausgesprochenen Zweck, das Unhaltbare der Kohlrausch'schen Ansicht darzuthun, während Alles auf den Ersatz derselben durch eine neue Hypothese bezügliche nur den Charakter von Andeutungen an sich trägt.

Auch der zweite Einwurf, daß die a. a. O. mitgetheilten Versuche sich nicht sowohl auf die Bildung des Rückstandes als vielmehr auf die allmähliche Abnahme der disponiblen Ladung beziehen, ist insofern begründet, als beide Arten von Erscheinungen stillschweigend als eng zusammenhängend angesehen wurden. Die innigste Beziehung beider Phänomene wurde schon von Kohlrausch vorausgesetzt, und theilweise durch das Experiment bewiesen, und da auch meine Versuche hiermit nirgends im Widerspruche standen, so schien es mir im Einklange mit Kohlrausch vor Allem wichtig, das Gesetz für die Abnahme der Ladung zu erforschen.

So gerne ich aber auch dieß Alles zugebe, so muß ich in der Sache selbst doch fest auf meinem früheren Standpunkt beharren. Im Folgenden will ich versuchen, dieß weiter zu begründen.

§. 1.

In den genannten Abhandlungen habe ich vorzugsweise zwei Thatsachen hervorgehoben, welche mir mit der Kohlrausch'schen Hypothese durchaus unvereinbar schienen. Die eine dieser Thatsachen war der bedeutende Einfluss dünner Schichten fremder Körper zwischen Belegung und Isolator auf den Gang der disponiblen Ladung, die andere der Einfluss der Plattendicke bei gleichem Materiale.

Weder Clausius noch Schwedoff haben diese beiden gewichtigen Einwürfe, welche für mich maafsgebend waren, um die Kohlrausch'sche Theorie zu verlassen, beachtet. Diese Einwürfe lassen sich aber gerade aus den von Clausius aufgestellten Formeln mit Leichtigkeit ableiten.

Clausius stellt nämlich für die Potentialniveau-Differenz die Formel auf:

$$V + U - V' - U' = \frac{1-g}{1+2g} (V - V')$$

wo V und V' die Werthe der Potentialfunktion sind, insofern sie von den auf den Belegungen befindlichen Elektricitätsmengen herrühren, während U und U' die Potentialfunctionen jener Mengen sind, welche sich im Innern des Isolators befinden. Der Buchstabe g bedeutet den Bruchtheil der gegebenen Masse, welcher von den leitenden Körperchen eingenommen wird.

Uebersetzt man diese Formel in die Kohlrausch'sche Anschauungsweise, d. h. führt man die Elektricitätsmengen ein, welche bei Verbindung der Belegungen mit der Erde in die letztere überströmen, und nennt man sie die disponible Ladung L , so erhält man für den Gränzzustand, welchem sich dieselbe nähern soll, den Werth

$$L = \frac{1-g}{1+2g} L_0,$$

wo L_0 die disponible Ladung im Momente der ersten Mittheilung derselben ist.

Die Beschränkung auf diesen Gränzzustand, dessen Existenz ich nach meinen Erfahrungen sehr in Zweifel ziehen

mufs, ist übrigens ganz unnöthig. Da nämlich bei ein und derselben Tafel nach Kohlrausch

$$L_t = L_0 Ft$$

wo Ft eine Function der Zeit ist, so braucht man nur $g = ft$, d. h. ebenfalls gleich einer anderen durch erstere bestimmten Function der Zeit zu setzen, um die Betrachtungen zu verallgemeinern.

Denkt man sich nun eine Tafel von der n -fachen Dicke mit der Anfangsladung $L_0^* = n L_0$, welcher die Potentialniveaudifferenz $2n V_0$ entspricht, so ist die Kraft X , welche auf irgend ein Theilchen im Innern des Isolators ausgeübt wird

$$X = \frac{n V_0}{n \varepsilon} = \frac{V_0}{\varepsilon}$$

wenn die Dicke der ersteren Tafel 2ε und die Potentialniveaudifferenz $2V_0$ war ¹⁾.

Diese Kraft ist also bei beiden Tafeln genau die gleiche. Bestehen nun beide aus demselben Material, so mufs bei beiden in gleichen Volumtheilen durch die gleiche Kraft in gleicher Zeit die gleiche Veränderung hervorgerufen werden, es müssen die hypothetischen leitenden Körperchen in gleichen Zeiten die gleiche Gröfse erreichen, d. h. es mufs in beiden Fällen

$$g = ft$$

seyn. Man hat demnach bei der zweiten Tafel

$$L_t^* = n L_0 \cdot Ft$$

oder

$$L_t^* = L_0^* Ft$$

d. i. genau dieselbe Formel wie oben.

Diese Vorstellung fordert demnach, *dafs der Gang der disponiblen Ladung von der Dicke der Tafeln unabhängig sey, so lange überhaupt diese Dicke gegen die übrigen Dimensionen verschwindend klein bleibt.*

Dieses Resultat ist aber genau dasselbe, zu welchem ich auf S. 423 der erst citirten Abhandlung auf ganz anderem Wege gelangt war.

1) Die Wahl dieser Bezeichnungsweise wird später ihre Begründung finden.

Ebenso kann man aus der Clausius'schen Formel den Einfluss des Bindemittels, mit dem die Belegungen auf den Isolator befestigt sind, herauslesen.

Das Verhalten desselben ist nämlich jedenfalls zwischen die zwei Gränzfälle eines vollkommenen Leiters und eines vollkommenen Isolators eingeschlossen. Nimmt man nun zuerst an, das Bindemittel sey ein vollkommener Leiter, so hat man es eben einfach mit einer etwas dünneren Tafel zu thun. Das Gesetz für die Abnahme der disponiblen Ladung kann demnach von einem solchen Bindemittel in keiner Weise beeinflusst werden. Gesetzt aber, das Bindemittel sey ein vollkommener Isolator, so bleibt doch die Scheidungskraft, welche nach Mittheilung der Ladung auf ein Theilchen im Innern des Glases ausgeübt, und durch $\frac{V_2}{\epsilon}$ ausgedrückt wird, die nämliche wie bei einer Tafel, bei welcher das Glas dicht an den Belegungen anliegt. Der ganze Unterschied gegen das Verhalten einer Tafel der letzteren Art muß mithin darin bestehen, daß in dieser sehr dünnen Schicht keine Scheidung eintritt. Dieser Umstand kann aber in dem Werthe von U und U' nur Aenderungen von der Ordnung $\frac{\epsilon'}{\epsilon}$ hervorbringen, wenn ϵ' die Dicke des Bindemittels ist, d. h. nur einen verschwindend kleinen Einfluss äußern.

Mithin fordert die Annahme, daß die Rückstandsbildung bloß eine Folge der durch die elektrische Fernwirkung hervorgerufenen molekularen Scheidungen sey, unbedingt, daß das Gesetz der Erscheinung von der Natur eines in sehr dünner Schicht zwischen Glas und Belegung angebrachten Bindemittels nicht beeinflusst werde.

Schon in der ersten der genannten Abhandlungen habe ich Versuche mitgetheilt, welche dieser Folgerung widersprechen. Ebenso habe ich mich durch weitere Experimente davon überzeugt, daß auch die Dicke der Tafeln durchaus nicht ohne Einfluss auf das Gesetz der Abnahme der disponiblen Ladung ist, und daß mithin auch diese Consequenz

aus der Kohlrausch'schen Theorie durch die Thatsachen widerlegt wird.

Um wenigstens eine einigermaassen präcise Vorstellung von dem Einflusse der Plattendicke zu geben, lasse ich hier eine Versuchsreihe folgen, welche mit den Franklin'schen Tafeln ausgeführt wurde, von welchen ich in meiner zweiten Abhandlung gesprochen habe. Die Platten waren sämmtlich aus einem Hafen geblasen und in gleicher Weise gekühlt. Sie sind von rechteckiger Gestalt und mit Stanniolbelegungen von 162,2^{mm} Durchmesser versehen. Die Belegungen wurden mit etwas Eiweiss befestigt. Der von den Belegungen freigelassene Theil wurde auf der einen Seite in der Hitze mit Schellack überzogen, und durch Versuche die Ueberzeugung gewonnen, dafs die Isolation des Randes als eine vollkommene betrachtet werden durfte.

Eine Batterie von vier grofsen Flaschen wurde zu einem bestimmten Potentialwerth geladen, der nach dem von mir gewählten Maafse 10,40 betrug, hierauf durch einen Commutator eine sehr kurz andauernde Verbindung mit den Platten hergestellt, und von diesem Augenblicke an der Gang der Potentialfunction beobachtet.

Die Resultate der Beobachtungen sind in den folgenden Tabellen niedergelegt, in welchen die erste Columnne die Zeit in Secunden, die zweite die disponible Ladung giebt.

1) Tafel I. Glasdicke 3,76^{mm}.

t	L_t	t	L_t	t	L_t
0	(9,60)	139	1,79	240	1,19
35	3,27	146	1,73	248	1,15
61	2,74	155	1,67	256	1,12
70	2,57	165	1,60	264	1,08
82	2,40	174	1,54	273	1,04
94	2,24	185	1,48	283	1,01
106	2,11	194	1,41	295	0,97
112	2,05	205	1,38	306	0,93
117	1,98	219	1,28	318	0,89
125	1,92	226	1,25	333	0,85
131	1,86	234	1,22	346	0,81

t	L_t	t	L_t	t	L_t
360	0,76	427	0,61	511	0,44
380	0,71	445	0,55	554	0,37
403	0,66	475	0,50	610	0,31

2) Tafel II. Glasdicke 3,13mm.

t	L_t	t	L_t	t	L_t
0	(9,46)	207	1,28	334	0,81
128 ¹⁾	1,79	215	1,25	348	0,76
140	1,70	221	1,22	362	0,71
152	1,60	229	1,19	385	0,66
163	1,54	237	1,15	406	0,61
171	1,48	253	1,08	430	0,55
177	1,45	262	1,04	458	0,50
183	1,41	272	1,01	494	0,44
189	1,38	284	0,97	540	0,37
195	1,35	298	0,93	600	0,31
201	1,32	309	0,89		

3) Tafel III. Glasdicke 2,12.

t	L_t	t	L_t	t	L_t
0	(9,26)	116	1,32	189	0,89
40	2,24	120	1,28	196	0,85
56	1,92	125	1,25	211	0,81
69	1,76	130	1,22	223	0,76
76	1,67	135	1,19	236	0,71
81	1,60	141	1,15	248	0,66
87	1,54	147	1,12	268	0,61
95	1,48	152	1,08	288	0,55
100	1,45	158	1,04	311	0,50
103	1,41	165	1,01	340	0,44
106	1,38	172	0,97	371	0,37
111	1,35	183	0,93	418	0,31

1) Bei dieser Beobachtungsreihe gelang es nicht früher, eine sichere Einstellung zu machen.

4) Tafel IV. Glasdicke 1,65.

t	L_t	t	L_t	t	L_t
0	(8,68)	109	1,01	165	0,66
46	1,70	119	0,93	176	0,61
60	1,45	126	0,89	191	0,55
75	1,28	132	0,85	201?	0,50
86	1,19	141	0,81	206	0,44
94	1,12	149	0,76		
102	1,04	155	0,71		

Diese Zahlen zeigen aufs Klarste, dass das Gesetz bei verschieden dicken Tafeln ein ganz verschiedenes ist. Hierbei sind für $t=0$ jene Werthe der disponiblen Ladung angesetzt, welche man erhalten hätte, wenn während der Verbindung zwischen Batterie und Tafel keine irgend erheblichen Veränderungen im Isolator vor sich gingen. Um sie zu ermitteln, wurde durch Verbindung der Batterie mit einem Luftcondensator zuerst die Capacität der ersteren bestimmt, dann die Capacitäten der Tafeln unter der Voraussetzung vollkommener Isolation, und daraus die Anfangsladungen L_0 berechnet, welche solchen Tafeln bei der Verbindung mit der Batterie ertheilt wurden. Controlbeobachtungen über die Theilung der Ladung zwischen dem Luftcondensator und den Tafeln zeigten aber, dass man selbst während der außerordentlich kurzen Zeit der Verbindung, die nur Bruchtheile von Secunden betrug, den Isolator nicht als vollkommen ansehen darf, sondern dass während dieser Zeit beträchtliche Mengen von Elektrizität verschwinden. Die wahre Anfangsladung L_0 kann deshalb erst durch ein zusammengesetztes System von Messungen ermittelt werden, von welchen bei einer anderen Gelegenheit gesprochen werden soll. Ueberhaupt zeigten sich im Laufe der Zeit bedeutende Veränderungen der Curven, deren Ursachen ich noch nicht angeben kann.

Hier genügt es nachzuweisen, dass die Tafeln trotz des gleichen Materials ganz verschiedenen Gesetzen für die Abnahme der disponiblen Ladung unterworfen sind, welche

sich nicht aus bloßer Verschiedenheit der Anfangsladung erklären lassen.

Angesichts dieser Thatsachen bleibt durchaus nichts anderes übrig, als die Hypothese der molekularen Scheidungen zu verlassen und eine andere Erklärung der Rückstandsbildung zu suchen.

§. 2.

Es liegt nun am nächsten, von der Annahme von Molekularbewegungen auf jene endlicher Bewegungen überzugehen, und zu fragen, ob nicht solche Bewegungen der Elektricität im Innern des Isolators den Erscheinungen zu Grunde liegen.

So mannigfaltige Gesetze sich aber auch für derartige Bewegungen denken lassen, so zerfallen sie doch immer in zwei Klassen:

Entweder ist die Dichtigkeit der freien Elektricität im Innern immer null, d. h. die Bewegungen sind denselben Gesetzen unterworfen, wie im Leiter, wo man in jedem kleinsten Theilchen fortgesetzte Trennung und Wiederverbindung der beiden Elektricitäten annimmt, oder die Dichtigkeit hat einen endlichen Werth, d. h. es befindet sich freie Elektricität im Innern. Im ersteren Falle kann man sagen, die Elektricität *dringt durch* den Isolator, im letzteren, sie *dringt in* denselben ein.

Wir wollen beide Hypothesen mathematisch formuliren und zu dem Ende folgende Bezeichnungen einführen:

Bei einer Franklin'schen Tafel mit unendlich grossen, ebenen, parallelen Belegungen vom Abstände 2ε wählen wir den Mittelpunkt einer auf beiden Belegungen senkrechten Geraden zum Ursprung eines rechtwinkligen Coordinatensystems, die Gerade selbst als Axe der X. Die Potentialfunction an irgend einer Stelle werde durch V bezeichnet, und zwar zur Zeit t durch V_t , während t im Momente der Ladung gleich 0 seyn soll. Die Ladung denken wir durch momentane Mittheilung gleich grosser, aber entgegengesetzter Elektricitätsmengen an beide Belegungen vorgenom-

men.¹⁾ Dann hat V in jeder den Belegungen parallelen Ebene einen constanten Werth, da die Belegungen selbst immer Niveauflächen bleiben müssen, und wegen der vollkommenen Gleichwerthigkeit aller darauf senkrechten Geraden auch alle Parallelebenen Niveauflächen sind. V , ist mithin blos eine Function von x und t , und zwar entsprechen den Abscissen $+x$ und $-x$ gleich groſse aber entgegengesetzte Werthe von V . Die Werthe, welche die Function V in den Belegungen selbst annimmt, seyen $+V'$ und $-V'$, und dem entsprechend gilt im Augenblicke der Ladung für die Kraft X , welche die auf den Belegungen befindlichen Elektricitätsmengen auf ein Theilchen im Innern des Glases, d. h. auf die daselbst concentrirt gedachte Einheit positiver Elektricität ausüben, die Gleichung:

$$X = \frac{dV_0}{dx} = \frac{V'_0}{t},$$

eine Formel, von welcher schon oben Gebrauch gemacht wurde.

Das Vorzeichen der Potentialfunction will im Einklang mit Clausius für positive Elektricitätsmengen negativ wählen, wodurch die Formeln zum Theil das entgegengesetzte Vorzeichen von jenen annehmen, welchen man in der Lehre von der Attraction ponderabler Massen begegnet.

Dies vorausgesetzt, werden in dem bekannten Ausdrucke für die Dichtigkeit

$$\frac{d^2 V}{dx^2} + \frac{d^2 V}{dy^2} + \frac{d^2 V}{dz^2} = 4\pi \rho$$

- 1) Will man die Betrachtungen von der unendlich groſsen Tafel auf eine mit kreisförmigen Belegungen vom Radius R übertragen, oder an die Stelle der Voraussetzung gleichgroſser aber ungleichnamiger Elektricitätsmengen die andere setzen, daß die eine Belegung stets mit der Erde in Verbindung bleibe, so begeht man in beiden Fällen nur Fehler von der Ordnung $\frac{e}{R}$. Ich setze überhaupt die Arbeiten von Green hier als bekannt voraus, ich selbst habe mich zur Ableitung der Resultate vorzugsweise der geometrischen Methode bedient, welche ich in meiner Habilitationsschrift: »Ueber die physikalische Bedeutung der Potentialfunction« München 1861 ausführlicher dargelegt habe.

Die beiden letzten partiellen Differentialquotienten $= 0$ und die Formel reducirt sich auf

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = 4\pi\rho.$$

Gesetzt nun, der Isolator unterscheide sich von einem Leiter nur durch einen unvergleichbar viel größeren Widerstand, so müßte stets $\rho = 0$ seyn, und mithin auch

$$X = \frac{V'}{\epsilon}$$

Die durch die Oberflächeneinheit einer Niveauläche in dem Zeitelemente dt im positiven Sinne strömende Elektricitätsmenge dq aber wäre

$$dq = \lambda X dt,$$

wo λ die Leitungsfähigkeit der Substanz bezeichnet.

Auf der Oberflächeneinheit der Belegungen befinden sich die Mengen

$$\rho' = \mp \frac{X}{4\pi},$$

wo sich das obere Zeichen auf die Belegung mit der Abscisse $+\epsilon$, das untere auf jene mit der Abscisse $-\epsilon$ bezieht.

Diese Mengen vermindern sich aber ihrem absoluten Werthe nach in jedem Zeitelemente durch die zuströmenden entgegengesetzten Elektricitätsmengen um dq , so daß man erhält für $x = +\epsilon$

$$d\rho' = \lambda X dt$$

oder da

$$d\rho' = -\frac{dX}{4\pi}$$

$$\frac{dX}{X} = -4\pi\lambda dt$$

und mithin

$$\lg X = -4\pi\lambda t + C$$

$$X = ce^{-4\pi\lambda t}$$

und schließlic

$$\frac{V'}{\epsilon} = ce^{-4\pi\lambda t}.$$

Da nun unmittelbar nach der Ladung also für $t=0$, $V = V_0$ ist, so geht die ganze Formel über in

$$V_t = V_0 e^{-4\pi\lambda t}$$

oder nach Kohlrausch'scher Schreibweise in

$$L_t = L_0 e^{-4\pi\lambda t}.$$

Dieses wäre das Gesetz für den Gang der disponiblen Ladung nach der eben aufgestellten Hypothese. Ein Blick auf die Beobachtungsergebnisse zeigt, daß es dem wahren Sachverhalte nicht entspricht.

Auch wäre nach dieser Anschauung das Wiederauftreten von Rückständen unmöglich. Da nämlich die ganze Potentialfunction im vorliegenden Falle nur von den auf den Belegungen befindlichen Elektricitätsmengen herrührt, und diese bei der Verbindung mit der Erde vollkommen neutralisirt werden, so tritt sofort nach der Entladung ein Gleichgewichtszustand ein, und es ist somit zum Wiederauftreten von Rückständen in keiner Weise Gelegenheit geboten.

Trotzdem ist es vielleicht nicht uninteressant, darauf hinzuweisen, daß der Mangel von Rückständen im vorliegenden Falle, doch nur ein ganz specieller Fall des Wiederauftretens solcher Rückstände ist, nach dem von mir auf S. 32 meiner Dissertation, oder S. 425 des Auszuges als wahrscheinlich hingestellten Gesetze. Dort wurde nämlich angegeben, daß man das Wiederauftreten von Rückständen erklären könne, wenn man die Entladung dadurch hervorgebracht denke, daß entsprechende Mengen entgegengesetzter Elektricität den Belegungen zugeführt werden, und daß diese alsdann genau die Rolle einer neuen aber entgegengesetzten Ladung spielen, also nach demselben Gesetze abnehmen, wie die erste Ladung, welche ihre Abnahme ungestört fortsetzt. Mit anderen Worten, es wurde eine Art von Interferenzprincip, von Uebereinanderlegung der beiden Vorgänge angenommen. In Formeln stellt sich die Sache folgendermaßen dar: gesetzt man entlade zur Zeit t_1 und suche nun zur Zeit $t > t_1$, den Werth der disponiblen Ladung, so wäre nach der genannten Voraussetzung:

$$\begin{aligned}
 L_t &= L_0 Ft - L_0 F(t - t_1) \\
 &= L_0 Ft - L_0 F t_1 F(t - t_1) \\
 &= L_0 [Ft - F t_1 F(t - t_1)]
 \end{aligned}$$

Setzt man hierin $Ft = e^{-4\pi\lambda t}$ so kommt:

$$L_t = L_0 [e^{-\pi\lambda t} - e^{-4\pi\lambda t_1} e^{-4\pi\lambda(t-t_1)}]$$

d. h.

$$L_t = 0$$

Während demnach bei anderen Formen der Function Ft gleichnamige, bei noch anderen ungleichnamige Rückstände auftreten würden, hätte man im vorliegenden Gesetze den zwischen beiden befindlichen Gränzfall vor sich.

§. 3.

Nach dieser Abschweifung kehren wir wieder zu unserer eigentlichen Aufgabe zurück, und versuchen, ob durch die Annahme, daß im Innern der Isolatoren freie Elektrizität ¹⁾ vorhanden seyn könne, eine bessere Uebereinstimmung mit den Thatsachen zu erreichen sey.

Diese Hypothese, nach welcher allmählig freie Elektrizität im Innern des Isolators auftritt, diese ist es, welche ich als Hypothese »des Eindringens« bezeichne.

Ein solches Eindringen kann man nun nach unendlich vielen verschiedenen Gesetzen vor sich gehend denken; immer aber sind es auch hier wieder zwei Hauptfälle, welche man zu unterscheiden hat.

Entweder entspringt die bewegende Kraft nur aus der elektrostatischen Fernwirkung der einzelnen Elektrizitätsmengen aufeinander, und der Isolator spielt einfach die Rolle eines widerstehenden Mittels, ähnlich wie Luft oder Wasser gegenüber einem fallenden Steine, oder es ist auch das Gesetz der Wechselwirkung der im Isolator vertheilten Massen ein anderes als im Leiter.

In letzterer Hinsicht erinnere ich nur daran, daß z. B. ein der Wärmebewegung analoger Vorgang ähnliche Erscheinungen zur Folge haben muß, wie die bei der Rückstands-

1) Unter frei verstehe ich hier, daß ein Ueberschuß der einen Elektrizität über die andere vorhanden sey.

bildung beobachteten. Gesetzt etwa, man bringe auf eine Glasplatte, welche selbst auf einer Unterlage von constanter niedriger Temperatur liegt, eine heiße Metallplatte, so wird die Wärme in das Glas eindringen. Nimmt man nun nach einiger Zeit die warme Platte weg, und legt man eine kalte an deren Stelle, so wird die ins Glas übergegangene Wärme zum Theil ihre Bewegung nach der kalten Unterlage zu fortsetzen, zum Theil aber wieder aus dem Glase heraustreten, und die aufgelegte Platte erwärmen. Sollte es undenkbar seyn, daß im Isolator die Bewegungen der Elektricität nach ähnlichen Gesetzen vor sich gingen, und daß neben der Fernwirkung noch eine andere Kraft von Schicht auf Schicht thätig wäre, welche nicht wie die erstere bestrebt wäre, den Werth der Potentialfunction im ganzen Körper constant zu machen, sondern vielmehr eine constante Dichtigkeit herzustellen?

Bringen wir abermals beide Gruppen von Anschauungen in Formeln, um Kriterium für die Richtigkeit der einen oder anderen zu gewinnen.

Hat man es einfach mit der Fernwirkung zu thun, so erfahren sämtliche Elektricitätsmengen der beiden Belegungen die gleiche Beschleunigung gegen den Isolator zu, und werden sich, da sie auch den gleichen Widerstand zu überwinden haben, mit gleicher Geschwindigkeit gegen einander in Bewegung setzen, und stets in zwei gleich weit von den Belegungen abstehenden Ebenen befindlich seyn. Es verliert deshalb auch der Ausdruck

$$\frac{dV}{dx} = 4\pi\varrho$$

seine Bedeutung, da man nicht eine Vertheilung in einem Körper, sondern eine solche in einer Fläche vor sich hat, und es tritt die Gleichung

$$\left(\frac{dV}{dx}\right)_{x+0} - \left(\frac{dV}{dx}\right)_{x-0} = 4\pi\varrho,$$

wo ϱ die Flächendichtigkeit, und $+0$ und -0 unendlich kleine positive oder negative Größen sind, an deren Stelle

Bezeichnet man nun die Werthe der Potentialfunction auf den Belegungen A' (Fig. 1 Taf. V) wie oben durch V' , auf den Ebenen A , in welchen sich die gesammten Elektricitätsmengen zur Zeit t befinden, durch V , wobei man sich stets erinnert, dafs die im Momente der Ladung herrschende Symmetrie fortbestehen mufs, und dafs man deshalb immer nur das eine der einander entsprechenden Elemente zu betrachten braucht, so ergibt sich zur Zeit t

$$\left(\frac{dV}{dx}\right)_{x \rightarrow 0} = 0$$

und

$$\left(\frac{dV}{dx}\right)_{x \rightarrow 0} = \frac{V}{x}$$

mithin

$$4\pi\rho = -\frac{V}{x}$$

während

$$4\pi\rho' = -\frac{V_0}{x}$$

war, da nun $\rho = \rho'$ bleiben mufs, und $V' = V$ ist, weil ausserhalb von zwei parallen mit gleichen und entgegengesetzten Elektricitätsmengen geladenen Ebenen die Potentialfunction constant ist, so wird

$$V' = \frac{V_0 x}{x}$$

Ist nun x als Function der Zeit gegeben, d. h. kennt man das Gesetz, nach welchem sich die beiden Schichten gegen einander bewegen, so hat man auch das Gesetz für die Abnahme der disponiblen Ladung.

Da nun die Kraft X , welche die beiden Schichten auf einander ausüben, bekannt ist, nämlich

$$X = \frac{V}{x} = \frac{V'}{x} = \frac{V_0}{x}$$

so wäre unter Annahme eines bestimmten Gesetzes für die Verzögerung, x leicht als Function von t zu bestimmen.

Wie nun aber auch dieses Gesetz für die Verzögerung gebaut seyn mag, so viel steht fest, dafs unter der Voraussetzung eines der Bewegung träger Massen analogen Vor-

ganges, $\frac{dx}{dt}$ Anfangs gleich null seyn, und sich dann allmählig einer bestimmten (negativen) Gränze nähern müßte. In Wahrheit findet aber die Abnahme der disponiblen Ladung gerade in entgegengesetzter Weise statt, so daß $\frac{dx}{dt}$ am Anfang einen (negativen) Maximalwerth zeigt, und sich dann stetig der Gränze null nähert.

Es muß demnach auch diese Vorstellung als unhaltbar verworfen werden, obwohl man durch eine weitere Verfolgung derselben sogar das Wiederauftreten von Rückständen erklären könnte, die jedoch nur unter gewissen Beschränkungen mit der ursprünglichen Ladung gleichnamig wären.

§. 4.

Nachdem so das Gebiet der Hypothesen immer enger und enger begränzt ist, so bleibt uns nur noch die Annahme übrig, daß die Elektrizität in der Weise in den Isolator eindringt, daß sie denselben ganz oder zum Theil stetig erfüllt.

Hiernach ist also im Innern des Isolators oder in einem Theile desselben

$$\frac{d^2 V}{dx^2} < 0$$

wobei

$$V = f(x, t)$$

und

$$f(0, t) = 0$$

da die Symmetrie stets erhalten bleiben muß.

Die Form der Function $f(x, t)$ ist selbstverständlich von dem Grundgesetze abhängig, welches die Wechselwirkung der Elektrizität im Innern des Isolators ausdrückt. So mannigfaltig sie aber demgemäß auch im Einzelnen gebaut seyn kann, so lassen sich doch einige Haupteigenschaften derselben sofort aus dem Wesen der Vorstellung ableiten.

Für's Erste ist klar, daß nach dieser Annahme in der einen Hälfte des Isolators nur positive und in der andern nur negative freie Elektrizität vorkommen kann. Denn

treten im Innern Scheidungen ein (die ja bei dieser Hypothese nicht ausgeschlossen sind), so müssen sie wegen der allenthalben gleichen Kraft überall gleich stark auftreten, und können demnach wohl einen Strom im Innern, nicht aber Ansammlungen freier Elektrizität hervorrufen. Die von den Belegungen stammenden Elektrizitätsmengen aber können sich erst in der Mitte neutralisiren, wo sie sich begegnen. Es ist demnach auf der positiven Seite d. h. für $x > 0$ allenthalben:

$$\frac{d^2 V}{dx^2} \leq 0, \quad (1)$$

auf der negativen

$$\frac{d^2 V}{dx^2} \geq 0. \quad (2)$$

Ferner ist allenthalben

$$\frac{dV}{dx} > 0. \quad (3)$$

Denkt man sich nämlich den ganzen Isolator in parallele Platten von der Dicke dx zerschnitten und betrachtet man die beiden entsprechenden, welche um $+x$, und $-x$, von YZ -Ebene abstehen, so wirken sie auf außerhalb derselben gelegene Punkte wie zwei mit gleich grossen aber entgegengesetzten Mengen von Elektrizität belegte Ebenen.

Wir zerlegen nun die Potentialfunction V an irgend einer Stelle in V_α und V_β , deren erstere von den zwischen $+x$ und $-x$ befindlichen Elektrizitätsmengen herrühren soll, während die zweite von den zwischen $+x$ und $+\varepsilon$ und zwischen $-x$ und $-\varepsilon$ vorhandenen Mengen hervorgebracht sey. Denkt man sich nun diese Elektrizitätsmengen sämmtlich in der eben angegebenen Weise in Elementenpaare zerlegt, deren jedes wie eine Franklin'sche Tafel mit vollkommenem Isolator wirkt, so versteht man sofort, daß $\frac{dV_\alpha}{dx}$ jedenfalls positiv seyn muß, da der von jedem Paare herrührende Theil von V_α bei positivem x positiv (und constant) ist, und die Zahl der Paare mit x wächst, bei negativem x aber negativ ist, während die Zahl der Paare mit x abnimmt. Ebenso muß aber auch

$\frac{dV_\beta}{dx}$ positiv seyn, weil der Differentialquotient der von jedem Paare für sich hervorgebrachten Potentialfunction positiv ist, und mithin auch die Summe dieser Quotienten d. i. eben $\frac{dV_\beta}{dx}$ dasselbe Zeichen haben muß.

Ferner ist:

$$\left(\frac{dV}{dx}\right)_{x=0} < \frac{V_0}{\epsilon} \quad (4)$$

Denkt man sich nämlich die auf den Belegungen befindlichen Elektrizitätsmengen auf n Paare von Schichten vertheilt, so daß den einzelnen die Dichtigkeiten $\varrho_1 \varrho_2 \dots \varrho_n$ zukommen ¹⁾, während $\varrho_1 + \varrho_2 + \dots + \varrho_n = \varrho'$ ist, so gilt in dem Raume zwischen den beiden Schichten des Paares mit der Dichtigkeit ϱ_1 für die Potentialfunction dieser Mengen das Gesetz

$$V_1 = -4\pi\varrho_1 x$$

und mithin innerhalb des innersten Schichtenpaares für die von sämtlichen Paaren herrührende, die Formel

$$\begin{aligned} V &= -4\pi\varrho_1 x - 4\pi\varrho_2 x \dots - 4\pi\varrho_n x \\ &= -4\pi(\varrho_1 + \varrho_2 + \dots + \varrho_n) x \\ &= -4\pi\varrho' x \\ &= \frac{V_0 x}{\epsilon}. \end{aligned}$$

Mithin ist in der Nachbarschaft von $x=0$ der Gang der Potentialfunction nach der Theilung in die verschiedenen Schichten genau derselbe, welchen man erhielt, als noch sämtliche Elektrizitätsmengen sich auf den Belegungen befanden. Hat sich aber ein Theil der Schichten in der Mitte bereits getroffen und verbunden, so ist selbstverständlich

$$V < \frac{V_0}{\epsilon} x$$

und es ist deshalb auch jederzeit

$$\frac{dV}{dx} < \frac{V_0}{\epsilon} \quad (4)$$

1) Die Schichten sind hier immer als Ebenen betrachtet, mithin $\varrho_1 \dots \varrho_n$ Flächendichtigkeiten.

War demnach im Momente der ersten Ladung die Potentialfunction durch die Ordinaten der Geraden A_0CA_0 der Fig. 2 Taf. VI dargestellt, so wird sie nach der Zeit t durch jene der gekrümmten Linie A_1CA_1 repräsentirt. Der Sinn der Krümmung dieser Linie ist durch die Gleichungen (1) und (2) bestimmt, während die Gleichungen (3) und (4) aussagen, daß sich die Curve innerhalb des Winkels A_1CA befinden muß, d. h. daß $AA_1 < AA_0$ ist.

Es wird mithin in Folge des Eindringens der Elektrizität in den Isolator die Potentialfunction auf den Belegungen sinken.

Wird nun entladen, so sammeln sich auf den Belegungen Elektricitätsmengen, welche für sich allein eine Potentialfunction

$$U = - \frac{V'_t \cdot x}{\varepsilon}$$

hervorbrächten, welche durch die Ordinaten der Geraden A_2CA_2 repräsentirt ist, wobei $A_2CA = A_1A$, und mithin ist die resultirende Function im Augenblicke nach der Entladung, d. h. zur Zeit $t + 0$, wenn man 0 als eine unendlich kleine Größe betrachtet:

$$V_{t+0} = V_t - \frac{V'_t x}{\varepsilon}.$$

Hieraus ergibt sich nun unter Berücksichtigung der Gleichungen (1) bis (4),

$$V_{t+0} > 0 \text{ für } x > 0,$$

$$V_{t+0} < 0 \text{ für } x < 0$$

und

$$V_{t+0} = 0 \text{ für } x = \pm \varepsilon$$

d. i.

$$V'_{t+0} = 0,$$

wie ein einziger Blick auf die Figur sofort lehrt.

Der ganze Verlauf der Potentialfunction im Momente nach der Entladung wird demnach durch die Curve $ABCBA$ dargestellt, und es ist also auch

$$\frac{dV}{dx} > 0 \text{ zwischen } B \text{ und } B$$

und

$$\frac{dV}{dx} < 0 \text{ zwischen } A \text{ und } B$$

d. h. während in dem mittleren Theile des Isolators Kräfte thätig sind, welche die vorhandenen Elektricitätsmengen weiter gegen die Mitte zu treiben, so sind in der Nachbarschaft der Belegungen solche wirksam, welche die Elektricitäten wieder auf die Belegungen schaffen.

Die auf den Belegungen befindlichen Elektricitätsmengen erfahren hingegen eine Anziehung nach dem Isolator zu, dringen deshalb ein und neutralisiren so zunächst die ihnen benachbarten Mengen entgegengesetzter Elektricität. Es muß sich demnach in der Curve der Winkel α bei A vergrößern, da dessen Cotangente der Dichtigkeit auf der Belegung proportional ist, und außerdem muß sich die Krümmung der Curve zwischen B und A vermindern, da die Dichtigkeit der freien Elektricität in diesem Raume abnimmt. Mithin würden, wenn zwischen C und B alles unverändert bliebe, die Curve die durch die punktirte Linie A_3CA_3 angedeutete Gestalt annehmen, d. h. es würden auf beiden Belegungen mit der ursprünglichen gleichnamige Ladungen auftreten. Wenn nun auch die Annahme, daß in dem mittleren Raume BCB alles unverändert bliebe, keineswegs ganz zulässig ist, so wird sie sich dennoch nicht sehr weit von der Wahrheit entfernen, d. h. es werden die Veränderungen in diesem Theile verhältnißmäßig geringe seyn gegen die in der gleichen Zeit in der Nähe der Belegungen vor sich gehenden.

Alle Beobachtungen stimmen nämlich darin überein, daß die Abnahme der disponiblen Ladung unmittelbar nach Mittheilung derselben am raschesten, späterhin aber viel langsamer erfolgt. Da nun von den bei der Entladung zugeführten Elektricitätsmengen keinesfalls früher etwas nach den inneren Schichten gelangen kann, als bis die in den äußeren Theilen befindlichen Mengen entgegengesetzter Elektricität vollkommen neutralisirt sind, und da anderseits die

Kräfte, welche in den innern Theilen die Veränderungen bedingen, durch die Entladung nicht vergrößert, sondern verkleinert werden, so müssen die Veränderungen in den inneren Schichten sogar noch langsamer vor sich gehen, als dieß der Fall gewesen wäre, wenn man nicht entladen hätte, mithin jedenfalls viel langsamer als in den äußeren Schichten, wo die ganzen bei der Entladung zugeführten Elektrizitätsmengen sofort auf solche der entgegengesetzten Art stoßen. Die Vorgänge in den inneren Schichten werden deshalb nicht im Stande seyn, die von den äußeren herrührende Aenderung der Potentialfunction zu compensiren. Sollte nebenher noch ein Durchgehen der Elektrizität ähnlich wie im Leiter stattfinden, so würde dadurch zwar das Sinken der disponiblen Ladung beschleunigt, sowie die Mengen der wiederauftretenden Rückstände vermindert, aber im Allgemeinen die Schlüsse nicht ungültig.

Diese Betrachtungen werden hinreichen, um zu beweisen, daß sich die Hypothese des Eindringens sehr wohl in präcise Form bringen läßt, und daß sie im Stande ist, sowohl das Sinken der disponiblen Ladung als das Wiederauftreten von gleichnamigen Rückständen wenigstens im Großen und Ganzen zu erklären. Ob sie auch geeignet sey, die Vorgänge nach Maafs und Zahl darzustellen, das kann selbstverständlich erst nach schärferer Formulirung der Annahme entschieden werden.

Einen derartigen Versuch habe ich bereits ausgeführt unter Zugrundelegung einer Gleichung, welche mir vor Jahren von Hrn. Prof. Riemann persönlich mitgetheilt wurde, mit dem Bemerken, daß er sie für das Gesetz halte, welches der Bewegung der Elektrizität in den sogenannten Isolatoren zu Grunde liege, und daß sich aus derselben die Gesetze für Bildung und Wiederauftreten von Rückständen ableiten ließen. Da er bald darauf erkrankte, so war es mir nicht möglich noch Näheres über die Form der von ihm erzielten Resultate zu erfahren, und ich unternahm es deshalb vor einiger Zeit selbst, die Lösung des Problems nach den wenigen erhaltenen Andeutungen zu versuchen.

Es ergab sich dabei ein mit den Beobachtungen ziemlich gut übereinstimmendes Resultat. Da jedoch diese Uebereinstimmung noch immer keine vollkommene ist, so scheint mir die ganze Untersuchung noch nicht reif zur Veröffentlichung.

§. 5.

Zum Schlusse muß nun noch die Frage erörtert werden, wie es sich denn eigentlich mit dem Kernpunkte der Clausius'schen Untersuchung, d. h. mit dem *Aequivalenzwerth der Entladung* verhält, wenn man die Hypothese des Eindringens an die Stelle der Kohlrausch'schen setzt. Die Antwort hierauf ist sehr einfach, indem eine kurze Ueberlegung zeigt, daß der Aequivalenzwerth der Entladung nur von der disponiblen Ladung abhängig ist, keineswegs aber von den Annahmen, welche man zur Erklärung ihrer Abnahme oder ihres Wiederauftretens machen muß. Die Kenntniß des Werthes der disponiblen Ladung im Momente der Entladung ist zur Lösung dieses Problems vollkommen hinreichend, vorausgesetzt, daß die Entladungszeit so kurz sey, daß während derselben keine merkliche Aenderung im Zustande des Isolators eintritt, eine Voraussetzung, welche auch der Clausius'schen Betrachtung zu Grunde liegt.

Entladet man nämlich zur Zeit t , d. h. bei dem Werthe der Potentialfunction

$$V_t = V_0 F t$$

so muß man doch den Belegungen Elektricitätsmengen zuführen, welche für sich allein die Potentialfunction $-V_t$ hervorbringen würden.

Dieser Potentialfunction entspräche eine Dichtigkeit ϱ' , wie sie aus der Formel

$$V_t = 4\pi \varrho' \epsilon$$

sich ergibt, und die Elektricitätsmenge

$$Q' = \varrho' s$$

wenn s die Oberfläche der Belegung ist, oder

$$Q' = \frac{s V_t}{4\pi \epsilon} \quad (5)$$

Um nun den Aequivalenzwerth der Entladung zu bestimmen, hat man nur nöthig, das Potential sämmtlicher Massen auf sich selbst vor und nach der Entladung aufzusuchen. Die Differenz von beiden Werthen ist dem mechanischen Aequivalente der Entladung proportional.

Bezeichnet man nun das Potential der Massen auf sich selbst vor der Entladung durch W , nach der Entladung durch W_1 , so ist doch

$$W_1 = W - \frac{2Q'V'}{2},$$

da der Unterschied in dem Zustande vor und nachher eben einfach darin besteht, dafs zu den bereits vorhandenen Mengen, welche sich wo immer befinden mögen, und für sich allein das Potential W hervorbringen, die Mengen $-Q'$, und $+Q'$ hinzukommen, welchen das Potential $-Q'V'$ entspricht. Es ist mithin das Arbeitsaequivalent

$$W - W_1 = Q'V',$$

oder unter Berücksichtigung der Gleichung (5)

$$W - W_1 = \frac{4\pi\epsilon Q'^2}{s} = \frac{4\pi\epsilon Q_o'^2 (Ft)^2}{s},$$

oder wenn man $Ft = 1 - m$ setzt:

$$W - W_1 = \frac{4\pi\epsilon (1-m)^2 Q_o'^2}{s}.$$

Diefs ist genau die von Clausius gefundene Formel. Wie die Ableitung zeigt, ist sie von jeder Hypothese über das Wesen der Isolatoren vollkommen unabhängig. Der Kernpunkt der Clausius'schen Untersuchung wird demnach von meinen Einwürfen gar nicht berührt.

Ungültig wird dagegen diese ganze Betrachtung, sobald die Dauer der Entladung eine so grofse ist, dafs während dieser Zeit im Innern des Isolators erhebliche Veränderungen eintreten können, sey es nun, dafs diese in molecularen Scheidungen bestehen, sey es, dafs nach meiner Vorstellung während dieser Zeit Elektrizität eindringt, oder durchdringt. Dafs solche Veränderungen im Allgemeinen eintreten, scheint mir aber ebensowohl aus den Versuchen

von Siemens¹⁾ hervorzugehen, als aus eigenen Versuchen, welche ich über die Theilung der Ladung zwischen Franklin'schen Tafeln und einem Luftcondensator angestellt habe.

Da nämlich sogar bei der außerordentlich geringen Dauer der Verbindungen, welche Siemens mit seinem Apparate zwischen Batterie und Condensator herzustellen vermochte, (sie betrug weniger als $\frac{1}{60}$ Secunde) ein Einfluß des Isolators sich geltend macht, so ist klar, daß selbst diese kurze Zeit hinreichen muß, um erhebliche Veränderungen im Innern desselben hervorzubringen, beziehungsweise nennbare Mengen durchgehen oder eindringen zu lassen.

Auch bei den Versuchen, welche ich über die Theilung der Ladung zwischen Franklin'schen Tafeln und einem Luftcondensator in der Art ausführte, daß ich durch Fall eines Hebels eine Verbindung von möglichst kurzer Dauer herstellte, und dann die im Luftcondensator zurückgebliebene Ladung mit dem Sinuselektrometer bestimmte, zeigte sich, daß die auf die Tafeln übergehenden Elektricitätsmengen mehr als das doppelte jener Mengen betrug, welche man unter der Voraussetzung vollkommener Isolation zu erwarten hatte. Eine Mittheilung der bezüglichen Zahlenresultate will ich versparen, bis die ganze sehr umfangreiche Experimentaluntersuchung ihren Abschluß gefunden hat.

Durch die vorstehenden Betrachtungen wurden folgende Resultate gefunden:

1) Aus den Formeln, in welche Clausius die Kohlrausch'sche Theorie der Rückstandsbildung gefaßt hat, ergeben sich genau dieselben Widersprüche mit der Erfahrung, welche ich schon früher aus dieser Theorie auf andere Weise abgeleitet habe.

2) Die Annahme, daß der Isolator nur ein Leiter mit sehr großem Widerstande sey, ist nicht im Stande die Rückstanderscheinungen zu erklären.

1) Diese Annalen Bd. CII, S. 66 bis 122.

3) Wenn man hingegen die Hypothese macht, daß die Elektrizität in der Weise in den Isolator eindringt, daß sie stetig vertheilt in demselben auftritt, sich auch allenfalls noch nebenher zum Theile durch den Isolator hindurch nach Art des Vorganges im Leiter verbindet, so kann man sowohl die Abnahme der disponiblen Ladung als auch das Wiederauftreten von gleichnamigen Rückständen im Allgemeinen sehr wohl erklären, und es ist bisher noch kein Einwand gemacht worden, welcher es unberechtigt erscheinen läßt, von einer schärferen Formulirung dieser Annahme die vollständige Lösung des Problems zu erwarten.

4. Die Formeln für das mechanische Aequivalent der Entladung lassen sich aufstellen, sobald man den Gang der disponiblen Ladung kennt, ohne daß es nöthig ist, sich über die inneren Vorgänge, wodurch dieser Gang bedingt wird, irgend welche hypothetischen Vorstellungen zu machen. Sie bleiben jedoch nur gültig, wenn die Dauer der Entladung eine so kurze ist, daß während dieser Zeit keine nennenswerthen Veränderungen im Isolator vor sich gehen können.

München den 4. April 1869.

IV. Ueber den Erstarrungspunkt der Bestandtheile flüssiger Mischungen; von Carl Schultx.

1. Wenn man lösliche Salze, z. B. Kochsalz, mit Eis bei einer Temperatur unter 0° mischt, so tritt unter Wärmeabsorption theilweise Schmelzung ein, und die Temperatur kann bis auf ein gewisses Minimum sinken. In ähnlicher Weise wird, wie ich gefunden habe, durch Mischen von fester Essigsäure mit wasserfreiem essigsauren

Kalium eine Flüssigkeit erhalten unter Erniedrigung der Temperatur, welche bis $+5^{\circ}$ sinken kann, dem Erstarrungspunkt der bei höherer Temperatur erhaltenen geschmolzenen Mischung oder Lösung. Kalium und Natrium bilden, bei höherer Temperatur zusammengeschmolzen, eine bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Legirung¹⁾; aber auch wenn man die Metalle in kleinen Stücken bei gewöhnlicher Temperatur mit einander mischt, bildet sich die flüssige Legirung.

Es kann also in einem Gemenge von festen Körpern, welche ohne chemische Umsetzung als Flüssigkeiten mischbar sind, schon unterhalb des Schmelzpunktes des am leichtesten schmelzenden Bestandtheils eine Verflüssigung eintreten. Die Schmelzung geschieht leichter und unter geringerer Wärmeabsorption, wenn die Temperatur beim Mischen so hoch ist, daß der eine Bestandtheil schon flüssig ist, wie bei der Lösung von Salzen in Wasser und in Alkohol, beim Mischen von Amalgamen mit Quecksilber.

Bei diesen Mischungen treten eigentliche chemische Umsetzungen der Bestandtheile nicht ein; wenn auch in manchen Mischungen dieser Art die Bestandtheile additionelle Verbindungen bilden können, so scheiden sich bei der Abkühlung doch wenigstens zum Theil die Bestandtheile unverändert aus der Mischung aus. Man darf deshalb die Leichtflüssigkeit der Mischung wohl auffassen als begründet durch eine Modification des Schmelz- und Erstarrungspunktes der Bestandtheile. Der modificirte Schmelz- oder Erstarrungspunkt liegt stets unterhalb der Temperatur, bei welcher die Substanz für sich unter gleichem äußeren Druck den Aggregatzustand wechselt; die Größe der Aenderung ist abhängig von der Natur des Gemengtheils und der relativen Menge. Ein verhältnißsmäßig geringer Gehalt an Wasser erniedrigt den Schmelzpunkt der Phenylsäure sehr bedeutend, so daß eine kleine Menge Wasser mit fester Phenylsäure gemischt, unter beträchtlicher Temperaturerniedrigung die Schmelzung der Masse bewirkt. Ge-

1) B. Wagner, Journ. f. prakt. Chem. Bd. 55, S. 489.

geschmolzener Phosphor und Schwefelkohlenstoff lassen sich in allen Verhältnissen mischen; wenige Tropfen Schwefelkohlenstoff einer größeren Quantität von geschmolzenem Phosphor beigemengt, genügen um den Erstarrungspunkt des Phosphors merklich zu erniedrigen. Andererseits wird der Erstarrungspunkt des Wassers durch Stoffe wie Gummi, Leim, Eiweiß, auch wenn sie in großer Menge gelöst sind, verhältnißmäßig wenig herabgesetzt.

2. Die Größe der Aenderung, welche der Schmelzpunkt eines Bestandtheils einer Mischung erleidet, ist von der Quantität des beigemengten Stoffes abhängig; stets ist aber für ein gewisses Mischungsverhältniß die Temperatur des Schmelzens und Erstarrens ein Minimum. Kühlt man ein Gemisch von dieser Zusammensetzung ab, so müssen die Bestandtheile im Verhältniß ihrer Mischungsgewichte bei dem constanten Minimum der Temperatur erstarren; hat das Gemisch eine andere Zusammensetzung, so erstarrt beim Abkühlen allmählich schon bei höherer Temperatur der im Ueberschuss vorhandene Bestandtheil.

Das Vorhandenseyn eines solchen stationären Temperaturminimums für den Erstarrungspunkt von wässerigen Lösungen ist von Hrn. Rüdorff bei seiner Untersuchung über Kältemischungen nachgewiesen worden¹⁾. Uebrigens hat schon Rudberg²⁾ dasselbe bei Metallgemischen nachgewiesen. Bei stetiger Abkühlung von geschmolzenen Legirungen wird das in die Masse eingetauchte Thermometer bei einer gewissen Temperatur stationär, welche für verschiedene Mischungen aus zwei bestimmten Metallen constant ist; bei dieser Temperatur wird die ganze Masse fest.

Rudberg hat aber bei der Abkühlung einiger Legirungen das Thermometer auch schon bei einer höheren Temperatur zeitweise stationär werden sehen, während ein Theil des einen Bestandtheils der Legirung sich fest ausschied; diese Temperatur zeigte sich übrigens veränderlich mit der quantitativen Zusammensetzung der Mischung. Rudberg

1) Pogg. Ann. Bd. 122, S. 337.

2) Pogg. Ann. Bd. 18, S. 240.

schließt aus diesem Verhalten, daß die Legirungen, welche in Masse bei einer bestimmten Temperatur erstarren, chemische Verbindungen sind, daß aber die festen Ausscheidungen, welche schon bei höherer Temperatur sich in der Mischung bilden, in dieser flüssigen Verbindung, welche er als chemische Legirung bezeichnet, aufgelöst gewesen seyen. Die sogenannten chemischen Legirungen können aber wegen des constanten Erstarrungspunktes ebenso wenig als chemische Verbindungen angesehen werden wie die Salzlösungen von constantem Erstarrungspunkt dafür gelten. Daß der zweite stationäre Punkt bei der Abkühlung einer Legirung dadurch erklärt wird, daß der eine Bestandtheil der Mischung sich aus einer Lösung abscheidet, muß auffallen, weil die Löslichkeit, z. B. von Salzen im Wasser, sich mit der Temperatur nicht sprunghaft, sondern nur allmählich zu ändern pflegt.

3. Folgende Versuche geben Veranlassung zu einer anderen Anschauung dieses Vorganges. Einige Flüssigkeiten bilden mit einander Mischungen nur bei großem Ueberschuß der einen oder der anderen, nicht bei mittleren Mengenverhältnissen. Phenylsäure läßt sich, schon bei gewöhnlicher Temperatur, mit kleinen Mengen Wasser zusammenschmelzen, bis zu $\frac{1}{20}$ ihres Gewichts, oder aber mit 20 Theilen Wasser und mehr; die Mischungsverhältnisse ändern sich mit der Temperatur. Man pflegt die ersteren Mischungen wohl als Lösungen von Wasser in Phenylsäure, die anderen als Lösungen von Phenylsäure in Wasser zu bezeichnen. Kühlt man die gesättigte wässerige Lösung der Phenylsäure ab, so findet man den constanten Erstarrungspunkt $-1^{\circ},1$, es bildet sich Eis und es scheidet sich wasserhaltige Phenylsäure flüssig in Tröpfchen ab. Kühlt man solche mit Wasser gesättigte Phenylsäure weiter ab, so beginnt eine geringe Ausscheidung bei -4° , aber die ganze Masse wird erst bei niedriger Temperatur fest; enthält die Phenylsäure weniger Wasser, so beginnt die Ausscheidung von fester Phenylsäure schon bei Temperaturen über 0° , aber stets ist noch weit unterhalb 0° ein Theil der Mi-

schung flüssig. Die Temperatur, bei welcher das Thermometer in der sich abkühlenden Masse stationär wird, läßt sich nicht genau fixiren; wenn aber das Gemisch in dem Maasse als ihm Wärme entzogen wird, in den festen Zustand übergeht, so muß offenbar ein Temperaturminimum existiren, bei welchem der noch flüssige Rest vollständig fest wird. Eine wässerige Lösung von Phenylsäure zeigt also einen stationären Erstarrungspunkt bei $-1^{\circ},1$, und hat noch einen zweiten bei viel niedriger Temperatur.

Aehnlich verhalten sich Mischungen von Wasser und Aether. Mit alkoholfreiem Aether gesättigtes Wasser wird bei -2° fest, während sich wasserhaltiger Aether abscheidet; aus wasserhaltigem Aether erhält man, nach Angaben von Fourcroy und Vauquelin, erst bei -32° eine Ausscheidung.

Es scheint denkbar, daß das von Rudberg beobachtete Verhalten der Legirungen beim Erstarren ebenfalls mit einer begrenzten Mischbarkeit der flüssigen Metalle, welche allerdings schwieriger zu ermitteln ist, in Zusammenhang steht. Fournet¹⁾ hat in der That für eine der von Rudberg untersuchten Mischungen von Zink und Wismuth gefunden, daß die gemischten flüssigen Metalle sich fast vollkommen in zwei Schichten übereinander sondern.

4. Mischungen von Flüssigkeiten, welche vollkommen mit einander mischbar sind, wie z. B. Essigsäure und Wasser, haben einen einzigen festen Erstarrungspunkt; bei einem bestimmten Temperaturminimum wird irgend ein Gemisch beider vollständig fest, und ein Gemisch von bestimmter Zusammensetzung hat diese Temperatur als constanten Erstarrungspunkt.

Gemische von Flüssigkeiten, welche, bei derselben Temperatur, in begrenzten Verhältnissen mit einander mischbar sind, haben im Allgemeinen zwei feste Erstarrungspunkte; ein Gemisch beider Flüssigkeiten kann bei der Abkühlung an zwei Punkten eine constante Temperatur annehmen.

1) Pogg: Ann. Bd. XXXI, S. 575.

Für Mischungen, deren Verhältniß unterhalb einer gewissen Gränze ist, bleibt indessen nur der eine stationäre Erstarrungspunkt bestehen.

V. Ueber den Gefrierpunkt des Wassers aus wässrigen Gasauflösungen, und die Regelation des Eises; von Carl Schultx.

1. Der Erstarrungspunkt einer Flüssigkeit wird durch aufgelöste feste oder flüssige Substanzen erniedrigt; den gleichen Einfluß üben auch aufgelöste Gase. Der Schmelzpunkt der reinen Essigsäure, welcher bei 16° liegt, sinkt beim Durchleiten von Kohlensäure durch die schmelzende Substanz auf $15^{\circ},2$; treibt man die absorbirte Kohlensäure durch einen Strom von Luft aus, so steigt der Schmelzpunkt wieder auf 16° .

Es ist bekannt, daß Chlorwasserstoff und Ammoniak den Erstarrungspunkt des Wassers erniedrigen; die Lösungen dieser Gase werden indessen wegen Abweichung vom Gasabsorptionsgesetz meistens nicht als Gasauflösungen im gewöhnlichen Sinne angenommen. Aber auch schweflige Säure und Kohlensäure erniedrigen den Gefrierpunkt des Wassers merklich, und dieselbe Wirkung läßt sich sogar für die sogenannten permanenten Gase, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff nachweisen.

2. Thermometrisch würde diese Erniedrigung des Erstarrungspunktes nur durch sehr empfindliche Instrumente zu erkennen seyn; es läßt sich indessen leicht mit Sicherheit zeigen, daß der Erstarrungspunkt des reinen Wassers höher liegt als der des lufthaltigen. Reines Wasser gefriert in einem Gefäße, welches mit Eis und lufthaltigem Wasser umgeben ist.

Es wurde in einer Glaskugel die mit einem U-förmigen

Rohr versehen war, ausgekochtes Wasser mittelst Quecksilber abgesperrt, und das Gefäß mit schmelzendem Eis umgeben, welches aus destillirtem Wasser erhalten war. Ueber das schmelzende Eis wurde ein Strom von mit Wasser gewaschener Luft geleitet. Das Wasser in der Kugel wurde vorher, weil es bei seinem normalen Erstarrungspunkt nicht zu gefrieren beginnt, durch starke Abkühlung zum Erstarren gebracht und das gebildete Eis bis auf ein kleines Stückchen wieder geschmolzen. Wird das Gefäß alsdann mit der Mischung aus lufthaltigem Wasser und Eis umgeben, so bilden sich in demselben allmählig große Krystalle von Eis.

Die Temperatur, bei welcher das Eis in einer wässrigen Gasauflösung schmilzt oder erstarrt, hängt, wie nachher gezeigt werden soll, von der Menge des gelösten Gases ab. Es kann daher wohl geschehen, daß auch Wasser in einem offenen Gefäß, welches man vorher theilweise hat gefrieren lassen, in einem Bad von schmelzendem Eise und mit Luft gesättigtem Wasser neue Eiskrystalle bildet. Diefes erklärt sich durch die Langsamkeit, mit welcher die Luft von dem Wasser absorbirt wird; wenn man das Wasser in dem Gefäß wiederholt mit Luft schüttelt, so daß es, wie die umgebende Mischung, mit Luft gesättigt wird, so hört die Neubildung von Eis in demselben auf.

Hr. Helmholtz hat einen Versuch angegeben¹⁾, dessen sinnreiche Methode in den soeben beschriebenen Versuchen benutzt ist; in einem luftleeren mit Wasser gefüllten Kolben bildet sich Eis, wenn derselbe mit an der Luft schmelzendem Eise umgeben ist. Dieser Versuch soll beweisen, daß an der Luft schmelzendes Eis wegen des äußeren Druckes einen niedrigeren Schmelzpunkt hat, als das von diesem Druck befreite. Es ist aber oben gezeigt worden, daß das an der Luft schmelzende Eis einen niedrigeren Schmelzpunkt hat als das unter gleichem Druck ohne Beführung mit Luft schmelzende.

3. Durch Vergleichung mit der bekannten durch Druck hervorzubringenden Schmelzpunkterniedrigung des reinen

1) Populäre Vorträge 1. Heft, S. 131.

Wassers ist man im Stande, den kleinen Werth der durch die absorbirte Luft bewirkten Erniedrigung des Schmelzpunktes zu bestimmen. Wird nämlich der offene Schenkel des U-förmigen Rohres an dem oben angegebenen Apparat mit einer Quecksilbersäule verbunden, so hört bei zwei Atmosphären Ueberdruck die Neubildung von Eis fast auf, und bei $3\frac{1}{2}$ Atmosphären Ueberdruck schmilzt das Eis in dem Gefäße allmählich. Die Erniedrigung des Schmelzpunktes des reinen Wassers durch 3 Atmosphären Druck beträgt nach Thomson $3 \cdot 0,007^\circ = 0,02^\circ$, so daß Eis in Berührung mit Wasser, das unter dem Druck einer Atmosphäre mit Luft gesättigt ist, bei einer etwa um diesen Werth niedrigeren Temperatur schmilzt als es unter gleichem Druck bei Ausschluss der Luft schmilzt. Definirt man die Temperatur 0° als den Schmelzpunkt des reinen Wassers unter einem Druck von 760^{mm} Quecksilber, so kann der Nullpunkt der Thermometer nach der gewöhnlichen Bestimmung in schmelzendem Eise zwischen 0° und $-\frac{1}{50}$ liegen.

Die Aenderung des Schmelzpunktes des Wassers durch absorbirten Wasserstoff ist noch geringer; Wasser, welches mit Wasserstoff unter Atmosphärendruck gesättigt ist, gefriert in einem Gemisch von Eis und mit Luft gesättigtem Wasser.

4. Um den Einfluß der Menge des absorbirten Gases auf die Größe der Schmelzpunktänderung zu untersuchen, wurde die Temperatur eines Gemisches von Eis und Wasser, welches unter 1, 2 und 3 Atmosphären Druck gesättigt wurde, untersucht. Das Gefäß des Thermometers erlitt keine Druckvermehrung; es wurden an dem Thermometer, welches nur Zehntelgrade direct abzulesen gestattete, die Temperaturen $-0^\circ,13$, $-0^\circ,25$, $-0^\circ,35$ beobachtet. Die Aenderung des Schmelzpunktes scheint proportional der absorbirten Gasmenge zu seyn. Wenn man das Wasser unter höherem Druck mit atmosphärischer Luft sättigt, so wird man auch für die Erniedrigung des Schmelzpunktes des Wassers durch Luft einen thermometrisch zu beobachtenden Werth erhalten.

5. • Das Eis hat die eigenthümliche Eigenschaft, daß getrennte Stücke beim Schmelzpunkt in Berührung gebracht, sich zu einer zusammenhängenden Masse vereinigen. Dieser mit dem Namen *Regelation* bezeichnete Vorgang ist von Faraday erklärt worden durch die Annahme, daß die Theile im Innern einer Eismasse einen höher liegenden Schmelzpunkt haben als die an der freien Oberfläche liegenden¹⁾. Forbes²⁾ und Andere nehmen an, daß das Eis beim Schmelzen einen mittleren Zustand der Weichheit annehme, und in diesem Zustande einzelne Stücke wie die von schweißbaren Metallen sich vereinigen lassen. Thomson³⁾ und später Helmholtz erklären die Erscheinung, indem sie die Aenderung des Schmelzpunktes des Eises durch Druck zu Hülfe nehmen. Eine Druckvermehrung bei inniger Berührung der Eisstücke muß in der That stets vorhanden seyn; unter diesem Druck soll nun ein Theil des Eises an der Berührungsfläche schmelzen, das gebildete Wasser abfließen, und an Stellen, wo es von dem Druck befreit ist, vermöge seiner niedrigeren Temperatur zum Theil wieder gefrieren.

Wenn man bei der Regelation die Neubildung von Eis aus Wasser annimmt, so muß die im Vorstehenden erwiesene Einwirkung der Luft auf den Schmelzpunkt des Eises bei dem Proceß der Regelation von Bedeutung seyn. Reines Eis kann nur in reinem Wasser die Temperatur 0° bewahren; beim langsamen Thauen an der Luft oder in lufthaltendem Wasser ist seine Temperatur niedriger; eine Schicht von reinem Wasser oder von Wasser, welches nicht mit Luft gesättigt ist, kann also zwischen zwei Stücken von solchem Eise gefrieren. Diese Bedingung ist wohl in vielen Fällen als erfüllt anzunehmen.

In einer Atmosphäre von Kohlensäure müßte hiernach die Erscheinung der Regelation stärker hervortreten als in gewöhnlicher Luft; der Versuch gelingt in der That häufig. Doch scheint dabei die Schnelligkeit, mit welcher das Was-

1) *Proc. Roy. Soc. t. X, p. 440.*

2) *Phil. Mag. [4] t. XVI, p. 544.*

3) *Proc. Roy. Soc. t. IX, p. 141.*

ser sich mit Kohlensäure sättigt, störend zu seyn, indem auch das Wasser zwischen den Berührungsflächen sich wahrscheinlich schnell mit Kohlensäure sättigt.

6. Es ist wohl wahrscheinlich, daß absorbirte Gase in derselben Weise, wie sie auf den Erstarrungspunkt von Flüssigkeiten wirken, auch die Dampfspannung derselben beeinflussen. Hr. Magnus hat zuerst nachgewiesen, daß die Spannkraft der Dämpfe einer Flüssigkeit durch eine andere mischbare Flüssigkeit vermindert wird; und Hr. Regnault hat gezeigt, daß auch die Dämpfe von Flüssigkeiten von beschränkter Mischbarkeit eine solche Einwirkung auf einander ausüben. Nach dem Dalton'schen Gesetz: daß die Spannkraft des Dampfes einer Flüssigkeit in Gasen gleich der im Vacuum ist, würde zwischen Dämpfen und Gasen, d. h. ungesättigten Dämpfen, eine solche Einwirkung nicht stattfinden; da aber alle Gase in Flüssigkeiten löslich oder mischbar sind, so ist wenigstens zwischen Flüssigkeiten und Gasen eine entsprechende Anziehung jedenfalls vorhanden.

Das Dalton'sche Gesetz ist auch nach Hrn. Regnault's Versuchen ¹⁾ nicht streng richtig, die Dampfspannung der Flüssigkeiten in Gasen ist in der That kleiner als die im Vacuum. Regnault erklärt diese Beobachtungen in eigenthümlicher Weise; er nimmt an, daß die Wände des Gefäßes eine Anziehung auf den Dampf ausüben, und daß diese Anziehung auch bei Benetzung der Wand mit der Flüssigkeit noch nicht neutralisirt sey, sondern nur durch eine so dicke Flüssigkeitsschicht aufgehoben werde, wie sie sich in Folge der Schwere an den vertikalen Gefäßwänden nicht halten kann. Aus Versuchen von Hrn. Magnus ²⁾ darf man indessen schließen, daß die Schicht von Wasserdampf, welche von der Oberfläche fester Körper condensirt wird, außerordentlich dünn ist.

Wenn man die Verminderung der Dampfspannung der Flüssigkeiten nicht durch eine absorbirende Wirkung der Wände erklärt, so kann man auch der Annahme von

1) *Relation des expériences etc. T. II, p. 679.*

2) *Pogg. Ann. Bd. CXVIII, S. 575.*

Hrn. Regnault, dafs in einem von der Flüssigkeit selbst umschlossenen Gasraum das Dalton'sche Gesetz streng richtig seyn würde, nicht beitreten.

Nimmt man zwischen Dämpfen und Gasen eine ähnliche Anziehung an wie zwischen den Dämpfen mischbarer Flüssigkeiten, so sollte man mit zunehmender Dichtigkeit der Gase eine Erhöhung dieser Wirkung erwarten; aus den von Hr. Regnault gegebenen Zahlen für die Spannkkräfte in dichteren Gasen kann man indessen keine Schlüsse ziehen, da diese Zahlen unmittelbar nach der Zusammendrückung des Gasvolumens abgelesen sind, nicht nach dem Eintritt des Gleichgewichtszustandes.

Berlin, 14. April 1868.

VI. *Nachtrag zu der Abhandlung »Ueber Flüssigkeitseinschlüsse in Gesteinen«;*
von H. Vogelsang.

Im Anschluß an die bereits S. 56 u. ff. dieses Bandes veröffentlichten Untersuchungen kann ich noch einige Beobachtungen mittheilen, welche die Natur der Flüssigkeitseinschlüsse in Gesteinen betreffen. Diesen Beobachtungen glaube ich aber eine kurze allgemeine Betrachtung über derartige Einschlüsse und über die Schwierigkeiten einer genaueren Untersuchung derselben vorausschicken zu dürfen.

Je wichtiger die mikroskopischen Einschlüsse in den gesteinbildenden Mineralien für genetische Schlusfolgerungen sind, um so vorsichtiger und gewissenhafter wird man bei der Deutung derartiger Erscheinungen zu Werke gehen müssen. Von allen anderen mineralischen oder auch nicht mineralischen Substanzen, welche man in Mineralien eingewachsen findet, gränzt sich sehr scharf diejenige Gruppe von mikroskopischen Einschlüssen ab, in denen man ein oder

mehrere rundliche, gewöhnlich kugelförmige Gebilde wahrnimmt, welche übereinstimmend von allen Beobachtern als Bläschen, Libellen, Gasbläschen, oder auch als gasleere, durch Contraction der Masse entstandene Hohlräume gedeutet worden sind. Es ist möglich und wahrscheinlich, daß von den übrigen Einschlüssen, welche nicht derartige Bläschen enthalten, viele ihrer Substanz nach mit jenen, oder mit einem gewissen Antheile ihres Inhaltes übereinkommen; es ist aber jene Gruppe deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil wir eben durch die Bläschen und ihr physikalisches Verhalten zu einem bestimmteren Urtheil über die Natur der Einschlüsse gelangen. Von den Fragen, welche sich in dieser Hinsicht vorlegen, sind vielleicht die folgenden am wichtigsten:

- 1) Ist der Einschluss fest, flüssig oder gasförmig, oder sind verschiedene Aggregatzustände in demselben vertreten?
- 2) Wenn die Substanz fest ist, ist sie krystallinisch oder amorph?
- 3) Wenn Flüssigkeit constatirt ist, sind es eine oder mehrere Flüssigkeiten, und welches ist der Aggregatzustand des sog. »Bläschens«?

Es bleibt außerdem natürlich noch die Frage nach einer genaueren chemischen Definition der Einschlüsse bestehen, deren Beantwortung aber, sofern sie möglich, stets eine Entscheidung über die eben genannten Punkte voraussetzen wird. Diese Entscheidung nun ist keineswegs in allen Fällen leicht zu finden; und doch erscheint es um so mehr geboten, sich bei den Beobachtungen, so weit nur eben möglich, an streng kritische Momente zu binden, nachdem es als erwiesen angesehen werden muß, daß in ein und demselben Mineral sehr verschiedenartige Einschlüsse neben einander vorkommen. Gewiß dürfte es aber verdienstlicher seyn, zunächst nach allen Richtungen das Thatsächliche der Erscheinungen zu ergänzen, als weitgehende genetische Schlussfolgerungen auf Beobachtungen zu erbauen, die nur ein subjectives Dafürhalten zur schwankenden Grundlage haben.

Die belangreichsten Momente nun, welche durch die bisherigen Untersuchungen zur Entscheidung jener Fragen gewonnen worden sind, will ich hier kurz zusammenstellen. Dabei habe ich also speciell die oben abgegränzte Gruppe von Einschlüssen im Auge; ich werde ferner nur die wichtigsten der eigentlichen Beobachtungsfehler erwähnen, und gute Präparate und einige Erfahrung in der mikroskopischen Technik im Allgemeinen voraussetzen.

Der feste Aggregatzustand der Einschlüsse kann durch folgende Eigenthümlichkeiten mehr oder weniger entscheidend nachgewiesen werden.

1. Durch das Vorhandenseyn mehrerer Bläschen in ein und demselben Einschlusse, die trotz Veränderung der Temperatur sich nicht bewegen und vereinigen. Dieser Fall ist sehr häufig zu beobachten bei den Glaseinschlüssen in den feldspathartigen Mineralien der jüngeren vulkanischen Gesteine. Die Bläschen sind gewöhnlich klein im Verhältniß zur Gröfse des Einschlusses; zuweilen sind ihrer jedoch so viele, dafs der letztere förmlich porös erscheint. Bei den Einschlüssen im Quarz findet sich dies Merkmal selten. Beobachtungsfehler können entstehen, wenn mehrere Einschlüsse mit je einem Bläschen nahe zusammen oder über einander liegen; bei starker Vergröfserung ist das Thatsächliche jedoch meistens leicht zu ermitteln.

2. Wenn das unbewegliche Bläschen nicht sowohl im Inneren des Einschlusses, sondern als seitlicher Anhang desselben erscheint. Die Kugelform des Bläschens tritt dabei also mehr oder weniger in der rundlichen Umgränzung des Einschlusses hervor. Es ist diese Erscheinung selten, am häufigsten vielleicht bei den Glaseinschlüssen der Leucite; dabei kommt es vor, dafs an Stelle des Bläschens nur eine halbrunde Einbuchtung am Einschlusse zu sehen ist. Auch krystallinische (augitartige) Einschlüsse mit solchen anhaftenden Bläschen oder den entsprechenden Einbuchtungen sind in gewissen Gesteinen nicht selten.¹⁾

1) Vgl. Vogelsang, *Sur le labradorite coloré. Archives Néerlandaises d. sciences ex. et nat. T. III, p. 30.*

3. Wenn ein fester Einschluss von der Schliffebene getroffen und dabei das Bläschen durchschnitten wurde, so füllt sich die Höhlung mit Canadabalsam, und erscheint nicht mehr mit dem eigenthümlichen Reflex einer Hohlkugel, sondern als helle Scheibe, die sich von der umgebenden Masse weniger deutlich abgränzt. Dieses charakteristische Merkmal ist namentlich bei den dihexaëdrischen Glaseinschlüssen im Quarz der Porphyre und Rhyolithe, mit relativ großem (aber immer nur einem) Gasbläschen, häufig zu beobachten. Die obere Gränze des Präparates ist stets mit Sicherheit zu constatiren.

4. Durch Farbe, Form und sonstige physikalische Eigenschaften kann man in gewissen Fällen auch ein sicheres Urtheil über die feste Natur der Einschlüsse erhalten. Es gilt dies namentlich für den Gesteinstypus, welcher sich durch das Vorhandenseyn einer nicht oder unvollkommen individualisirten Grundmasse natürlich abgränzt. Hier bildet die Uebereinstimmung der Einschlüsse mit der umgebenden Grundmasse oft ein entscheidendes Moment. Was die Form der Einschlüsse betrifft, so kann nur eine bestimmt umgränzte, regelmäßige Krystallform, die aber nicht mit derjenigen des umschließenden Minerals übereinstimmt, für die Bestimmung des starren Aggregatzustandes benutzt werden. In diesem Falle fehlen jedoch meistens auch die Gasbläschen. In negativen Krystallformen finden sich aber sowohl feste wie flüssige Einschlüsse. Mikroskopische Krystalle (Mikrolithen) im Inneren der Einschlussmasse können natürlich nur für sich selbst, nicht für ihre Umgebung, den starren Aggregatzustand beweisen.

Um den krystallinischen oder amorphen Charakter der Einschlüsse zu constatiren, dazu ist außer der Umgränzung auch das optische Verhalten zu untersuchen. In Rücksicht der Form sind wieder die eben erwähnten Pseudomorphosen von wirklichen Krystallen zu unterscheiden. Ferner zeigen krystallinische Einschlüsse als Bruchstücke oder unvollkommene Krystalle häufig sehr unregelmäßige Umgrän-

zum
gen
sch
daß
den
wo
nich
mer
We
zu
kan
Cha
abe
laris
nisc
sche
For
Mer
und
Tem
dage
weg
tives
Unte
Verl
hand
die
Wir
finde
wen
delt,
Täus
Aend
oder
hat.

1) V

zungen¹⁾, und endlich ist das optische Verhalten schon wegen den isotropen regulären Formen nicht allgemein entscheidend. Wenn man das Präparat in die Lage bringt, daß bei gekreuzten Nicols eine Elasticitätsaxe des umgebenden Minerals mit der Axe des Instrumentes zusammenfällt, wobei also der Einschluss, sofern seine Schwingungsebenen nicht zufällig eine gleiche Lage haben, in der ihm zukommenden Farbe hervortritt, so ist es häufig möglich, auf diese Weise den doppelt brechenden Charakter des Einschlusses zu constatiren. Ist eine glasige Grundmasse vorhanden, so kann das analoge Verhalten wiederum für den amorphen Charakter des Einschlusses in Anspruch genommen werden; aber, ganz allgemein genommen, ist, wie man sieht, der Polarisationsapparat nicht ausreichend, um über die krystallinische oder amorphe (glasige) Natur der Einschlüsse zu entscheiden.

Für die Flüssigkeitseinschlüsse bleibt die Orts- oder Formveränderung des Bläschens das einzige bestimmende Merkmal. Man muß unterscheiden zwischen Beweglichkeit und Bewegung der Libelle. Erstere nimmt mit Erhöhung der Temperatur gewöhnlich ab, eine einfache Bewegung kann dagegen häufig dadurch herbeigeführt werden. Diese Bewegungen bieten allerdings ein ganz charakteristisches positives Merkmal, aber wir haben aus den früher mitgetheilten Untersuchungen hinlänglich erschen, daß ein indifferentes Verhalten der Libelle keineswegs unbedingt gegen das Vorhandenseyn von Flüssigkeit spricht. Im Allgemeinen ist ja die Beweglichkeit merkwürdiger als die Ruhe des Bläschens. Wir werden weiterhin hierüber noch einige Bemerkungen finden, hier mag nur noch hervorgehoben werden, daß, wenn es sich um Constatirung einfacher Bewegungen handelt, man sich sehr in Acht nehmen muß vor subjectiven Täuschungen, indem namentlich die kleinste unwillkührliche Aenderung des Focalabstandes eine scheinbare Bewegung oder Formveränderung der Libelle naturgemäfs im Gefolge hat.

1) Vgl. *Arch. Néerl.* T. III, pl. IV.

Derartige technische Hindernisse erschweren auch nicht wenig die Entscheidung der Frage, ob eine oder zwei Flüssigkeiten vorhanden seyen. Es sind die betreffenden Zweifel bereits in der vorigen Abhandlung erwähnt, wie dieselben denn am besten an bestimmten Vorkommnissen erläutert werden; sie behalten übrigens schliesslich eine weitgehende Bedeutung.

Flüssigkeitseinschlüsse finden sich unter den gesteinsbildenden Mineralien ganz vorzüglich im Quarz der älteren krystallinischen Gesteine, namentlich in Graniten und Gneisen. Im Quarz der älteren Quarzporphyre sind sie untergeordnet, und ihr originärer Charakter ist mir in manchen Fällen zweifelhaft erschienen, hauptsächlich auch deshalb, weil solche Einschlüsse im Quarz der jüngeren Rhyolithe so zu sagen gänzlich fehlen, welche letztere Gesteine, einfache molekulare Umwandlungen abgerechnet, sich als durchaus homologe Gebilde der älteren Quarzporphyre darstellen. In anderen gesteinsbildenden Mineralien, namentlich im Feldspath, Leucit oder Olivin sind Flüssigkeitseinschlüsse bisher nur ausnahmsweise beobachtet worden.

Ueber die chemische Natur der Flüssigkeiten geben die von Herrn Dr. Geissler und mir ausgeführten Untersuchungen so weit Aufschluss, dass man nun wohl berechtigt ist, die eigenthümlichen Expansionserscheinungen eventuel für ein charakteristisches Reagens auf flüssige Kohlensäure zu halten. In der That müfsten auch, wie bereits Simmler bemerkt, alle anderen in der Natur bekannten Flüssigkeiten, welche ähnliche Erscheinungen zeigen, sich schon durch den Geruch in den kleinsten Mengen verrathen. Ein indifferentes Verhalten des Bläschens deutet im Allgemeinen auf Wasser oder eine wässrige Lösung; zweifelhaft bleibt dabei freilich der Aggregatzustand dieser »Libelle«, ob sie als Gas oder als zweite Flüssigkeit zu denken ist. Sobald zwei Flüssigkeiten, welche unmerklich zusammendrückbar sind, den Raum völlig einnehmen, mufs nicht nothwendig durch Temperaturwechsel Bewegung oder eine Aenderung der Volumverhältnisse eingeleitet werden.

Wir werden alle die erwähnten Kriterien nach ihrem

geringeren oder größeren Beweisvermögen noch näher kennen lernen, wenn wir sogleich einige Beispiele behandeln, welche für das Vorkommen und Verhalten der besprochenen Einschlüsse in Granitgesteinen als besonders instruktiv angesehen werden können. Im Quarz der Granite finden wir dieselben oft auf kleinem Raume zu Tausenden bei einander. Sie sind aber meistentheils sehr klein, erreichen selten die Gröfse von 0,01 Mm. und die charakteristischen Merkmale zur näheren Bestimmung sind deshalb schon schwieriger zu constatiren. Es fehlt außerdem eine nicht individualisirte Grundmasse zur Identificirung der Substanz; auch sind in den eigentlichen Graniten niemals oder sehr selten gröfsere Einschlüsse, ähnlich den negativ dihexaëdrischen Glaseinschlüssen der Porphy Quarze zu finden.

In dem Quarz des grobkörnigen Granites von Johann Georgenstadt sind sicher oft in einem Cubikmillimeter mehrere Hunderttausende von Einschlüssen enthalten. Sie zeigen durchgehends unregelmäßige Umgränzungen; nur selten kann man unvollkommen sechsseitige oder rhombische Umrisse von Dihexaëdern wahrnehmen. Schmale, lang gestreckte Formen erreichen nach einer Richtung zuweilen 0,02 Mm. Länge, bei weitem bleiben die meisten unter 0,01 Mm. größter Ausdehnung. Regelmäßig enthalten sie in ihrer etwas gelblich erscheinenden Füllung ein kugeliges Bläschen, dessen Gröfsenverhältnifs zum Gesamteinschluss ein sehr verschiedenes ist. Bald nimmt dasselbe sehr vorwaltend den Raum des Einschlusses in Anspruch, bald ist es klein oder fehlt auch wohl ganz. Ebenso verschieden ist die äußere Abgränzung des Einschlusses und die innere Reflexwirkung in dem Bläschen. Oft verlaufen die Gränzen schwach und unbestimmt, dann wieder sind sie mit dunklem Schatten abgegränzt; bald erscheint die innere Kugel völlig dunkel, bald nur einfach linear gezeichnet. In Fig. 6 Taf. III sind einige der Einschlüsse dargestellt, und darunter mehrere, in denen sehr deutlich würfelförmige oder rhomboëdrische Krystalle zu erkennen sind. Gewöhnlich finden sich dieselben neben dem Bläschen in demselben Einschluss; zuweilen fehlt das

letztere, und es kommt auch vor, daß der Krystall nach Aufsen gegen die Quarzmasse nur unbestimmt oder gar nicht abgegränzt erscheint. a Fig. 6. In den meisten Einschlüssen nimmt man auch bei starkem Erhitzen gar keine Bewegung wahr, hier und da aber ist die Libelle beweglich, und so der Inhalt als Flüssigkeit zu constatiren. Die Bewegung ist sehr deutlich bei gewöhnlicher Temperatur, im Vergleich zu anderen Vorkommnissen aber langsam; bei Erwärmung läßt sie nach, und das Bläschen bleibt endlich unbeweglich und veränderlich in einer Ecke liegen. Niemals beobachtete ich (in diesem Gestein) eine Bewegung des Bläschens in solchen Einschlüssen, welche einen Krystall enthielten. Die Flüssigkeitseinschlüsse unterscheiden sich übrigens in keiner Weise von denjenigen, in welchen das Bläschen unveränderlich blieb. Unter Tausenden der letzteren habe ich nun in diesem Quarz einen einzigen Einschluss gefunden, in welchem mit Sicherheit zwei unbewegliche Bläschen zu beobachten waren. Diefs blieb das einzige direkt beweisende Merkmal für die Anwesenheit von festen Einschlüssen. Man darf aber auch das Verhalten bei der spectral-analytischen Untersuchung als ein Argument ansehen, denn wenn alle oder die meisten der Einschlüsse Flüssigkeit enthielten, so müßte das Mineral unbedingt leichter decrepitiren. Die allgemeine Analogie mit den betreffenden Einschlüssen in gläserigen Gesteinen, die durchaus unregelmäßige Form, endlich der Umstand, daß keinerlei selbständige Polarisationswirkung wahrzunehmen ist, diese Gründe machen es allerdings wahrscheinlich, daß die festen Einschlüsse gläseriger Natur sind.¹⁾ Gilt diels, was mir wahrscheinlich ist, für alle diejenigen Gebilde, welche die kleinen Krystalle enthalten, so wären letztere also aus der gläserigen Masse abgeschieden. Was die Substanz derselben betrifft, so will ich die Vermu-

1) Daß wirklich Glaseinschlüsse in Granitquarzen vorkommen, hiervon habe ich mich nicht sowohl bei den in Rede stehenden Untersuchungen überzeugt, als durch das mikroskopische Studium solcher Gesteine, welche als Mittelglieder zwischen Granit und Quarzporphyr bekannt sind namentlich gewisser porphyrtartiger Granite aus Sachsen und Cornwall.

thung nicht zurückhalten, daß ich sie für Quarzrhomboëder ansehen möchte, wofür ich allerdings keinen anderen Grund anführen kann, als die oben mitgetheilte Erscheinung, daß ihre Form und Masse zuweilen mit derjenigen des umgebenden Quarzes in direkte Verbindung tritt. Hervorzuheben ist übrigens auch, daß die Spectralanalyse keine Spur irgend welcher anderen Körper als Kohlensäure und Wasser, namentlich weder ein Alkalimetall noch eins der Chloride erkennen liefs. Zweifelhaft bleibt wieder, wie bereits erwähnt, die ein- oder zweifache Natur der Flüssigkeit; auf jeden Fall ist aber Wasser und Kohlensäure und nicht allein flüssige und gasförmige Kohlensäure vorhanden.

Zur Beobachtung der flüssigen Kohlensäure im Granitquarze kenne ich kein interessanteres Gestein als den Granitgneis des St. Gotthardt, wie er den größten Theil dieser Centralmasse der Alpen zusammensetzt. Das Gestein, bekanntlich ein krystallinisch körniges Gemenge von Quarz und Feldspath, mit schwarzen Glimmerfasern durchzogen, zeigt noch andere mikroskopische Eigenthümlichkeiten, wir wollen indessen nur die Flüssigkeitseinschlüsse näher besprechen. In dem Quarze, welcher meist in kleinkörnigen Aggregaten zu Fasern verwachsen ist, die bei Verwitterung sich sandig zertheilen, sind die Einschlüsse durchaus nicht so massenhaft wie in dem zuletzt besprochenen Gestein, aber auch nicht gerade selten enthalten. Gewöhnlich liegen zehn bis zwanzig derselben nahe bei einander, einzelne Quarzkörner aber sind auch gänzlich frei davon. Ich glaube jedoch nicht, daß man in irgend einem Präparate vergebens danach suchen wird, denn ich habe deren mehrere von Handstücken gefertigt, die an weit von einander entfernten Punkten geschlagen waren, und immer die charakteristischen Einschlüsse zurückgefunden. Die wichtigsten Modificationen derselben sind in Fig. 7 Taf. III abgebildet.

Zuvörderst muß ich erwähnen, daß außer mikroskopischen Granaten sehr viele kleine gelblich grüne Blättchen von meist rundlicher Form unregelmäßig durch den Quarz zerstreut liegen a, Fig. 7 Taf. III. Die Einschlüsse mit einem

Bläschen haben im Uebrigen häufig eine diesen Blättchen ganz ähnliche Farbe und Gröfse, sind aber nicht wie diese doppelbrechend; auch ist ihre Form gewöhnlich ganz unregelmässig, sehr selten findet man eine zweifelhafte Andeutung dihexaëdrischer Umgränzung. Die gröfsten messen etwa 0,01 Mm. Man wird nun leicht zwei Arten von Einschlüssen unterscheiden, nämlich solche mit indifferenter Libelle, welche beim Erwärmen entweder gar keine, oder nur eine einmalige, einfache Bewegung wahrnehmen lassen, *b*, Fig. 7 Taf. III, und solche, welche ein zweifaches Sphäroid umschliessen, wovon das innere entweder in fortwährender Bewegung, oder doch beim Erwärmen veränderlich ist, *c*, Fig. 7. Die ersteren sind die häufigsten, die letzteren aber keineswegs selten. Bei ihnen verhält sich die innere Flüssigkeit ganz analog der flüssigen Kohlensäure in den früher beschriebenen Mineralien. Meistentheils ist das Volumen des Gasbläschens viel kleiner als das der Flüssigkeit, und dann wird die Höhlung ungefähr bei derselben Temperatur gefüllt wie bei dem Quarz von Madagaskar oder dem brasilianischen Topas. Bei 30° C. verschwindet das Letzte der Libelle, und bei derselben Temperatur kehrt sie im Erkalten zurück, — eine sehr merkwürdige Uebereinstimmung in den Condensationszuständen! Die Einschlüsse im St. Gotthardt-Gestein verhalten sich jedoch in dieser Hinsicht nicht ganz gleichmässig. Ausser denen, bei welchen die Gaslibelle das kleinste Volumen einnimmt und bei 30° absorbiert wird, habe ich nämlich mehrmals solche beobachtet, in denen die Flüssigkeit den kleineren Raum einnahm, die innere Libelle also von gröfserem Volumen war als die darum hinliegende zweite Zone. Beim Erwärmen vergröfserte sich alsdann die innere Libelle noch mehr, und bei 28 bis 35° C. war der ganze Raum bis zu der zweiten Gränze des Einschlusses mit Gas erfüllt. Dieses verschiedenartige Verhalten findet in den früher besprochenen Eigenschaften der flüssigen Kohlensäure seine einfache Erklärung und ist auch von Thilorier bei seinen Versuchen beobachtet und erläutert

worden ¹⁾. In beiden Fällen nun, mochte das innere Sphäroid allein aus flüssiger oder allein aus gasförmiger Kohlensäure bestehen, im Allgemeinen also bei Temperaturen über 30° C. verhielten sich alsdann die Einschlüsse ganz indifferent, ganz analog denjenigen, in welchen überhaupt keine Veränderung der Libelle wahrzunehmen war. Wenn nun der Condensationszustand der Kohlensäure nach der einen Seite hin so verschieden ist, daß bei derselben Temperatur die Räume hier mit flüssiger, dort mit gasförmiger Kohlensäure erfüllt sind, so liegt gewiß nichts Gezwungenes darin, wenn man annimmt, daß andererseits die Flüssigkeit auch derart condensirt seyn kann, daß innerhalb des gewöhnlichen Temperaturwechsels noch keine Gasbildung eintritt, mithin keine veränderliche Libelle erscheint. Ich habe die indifferenten Einschlüsse (*b*, Fig. 7 Taf. III) bei -4° C. beobachtet, aber doch keine Libelle wahrgenommen; auch will ich damit nicht den einen oder anderen Theil dieser Einschlüsse für flüssige Kohlensäure erklären, man wird aber die Möglichkeit, daß zwei unvermischte Flüssigkeiten den Raum gänzlich erfüllen, für die Gesamtheit der Erscheinungen keinesfalls aufser Acht lassen dürfen.

Wir stehen also wieder vor der Frage: Sind zwei Flüssigkeiten oder eine einzige in dem Einschlusse enthalten? Ich muß gestehen, daß ich die Einschlüsse in dem St. Gotthard-Gestein, wie sie bei *c* Fig. 7 abgebildet sind, lange und oftmals studirt hatte, ohne im Geringsten darin zweifelhaft zu werden, daß hier aufser der Gaslibelle noch zwei Flüssigkeiten vorhanden seyen. Erst die Erscheinungen bei dem brasilianischen Topas nöthigten mich zu größerer Vorsicht, und nach meinen weiteren Erfahrungen bin ich allerdings sehr geneigt, die betreffenden Zweifel auch in diesem Falle gelten zu lassen. Ich habe nämlich nicht nur niemals die geringste Bewegung des mittleren Randes wahrgenommen, sondern für einzelne Fälle liefs sich auch aus anderen Gründen die Festigkeit der äußeren Zone beweisend darthun.

1) Diese Ann. Bd. XXXVI, 1835, S. 143.

Bei *d* in Fig. 7 Taf. III sind zwei Einschlüsse abgebildet, in denen man je zwei Sphäroïde mit veränderlichen Libellen wahrnimmt. Die inneren Einschlüsse bestehen aus flüssiger Kohlensäure, die Libelle wird beim Erwärmen condensirt, aber es findet alsdann keine Veränderung des Außenrandes, keine Verbindung der beiden Flüssigkeitssphäroïde statt. Wenn beide in Flüssigkeit ruhten, wäre ein solches Verhalten undenkbar. Der gröfsere innere, weifse Theil in diesen Einschlüssen ist Quarz wie die Umgebung, und es hat ganz den Anschein, als ob der Quarz, der zweite mineralische Körper und die flüssige Kohlensäure die Resultate ein- und derselben chemischen Zerlegung seyen. Ohne mich über die Natur des festen Residuums genauer auszudrücken, will ich nur nochmals hervorheben, dafs dasselbe im Gegensatz zu den früher erwähnten Blättchen (*a*) stets einfach brechend ist. Hätte man bestimmtere Gründe, um solche indifferenten Partikel in den Einschlüssen als Glas zu bezeichnen, so fände sich für die Gesamtheit der Erscheinungen unzweifelhaft die meist harmonische Erklärung. Ich lasse vorläufig die angeregten Zweifel bestehen, in der Hoffnung, dafs durch weitere vergleichende Beobachtungen die ergänzenden oder berichtenden Kennzeichen ermittelt werden.

In anderen granitischen Gesteinen hatte ich die expandible Flüssigkeit lange vergebens gesucht; ich fand sie zuerst vereinzelt wieder in einem Granit von Aughrushmore in Irland, in welchem die Libelle auch ungefähr bei 30° C. condensirt wurde. Sodann, als ich zufällig im ungeheizten Zimmer arbeitete, entdeckte ich auch mehrere dieser Doppel-Sphäroïde in dem Quarz des grauen Gneifses von Freiberg, in welchen das Letzte der Libelle aber schon bei 20° C. verschwand. In beiden Gesteinen verhalten sich die meisten Einschlüsse übrigens indifferent. Bei einer Kälte von -4° C. konnte ich nicht eine Vermehrung der veränderlichen Bläschen bemerken; auch habe ich, trotz Anwendung so niedriger Temperatur in anderen Granitgesteinen bisher nicht dieselben Erscheinungen wahrgenommen. Mein

Ma
vo
ge
gle
ble
Fl
an
lei
Qu
Ko
Gl
kei
sch
abe
nen
ben
des

and
und
wel
"Li
als
fun
die

sche
mer
Zir
sche
jedo
git
Ueb
Zir
V
1) V
2) V

Material ist freilich immer noch gering zu nennen, da mir vorläufig nicht mehr als 65 verschiedene Granit- und Gneisgesteine zu Gebote stehen. — In dem Labrador von der gleichnamigen Küste habe ich früher bereits der expansiblen Einschlüsse Erwähnung gethan¹⁾ und es muß diese Flüssigkeit auch hier ohne Zweifel für flüssige Kohlensäure angesehen werden. Bemerkenswerth ist allerdings die viel leichtere Löslichkeit des Labradors im Vergleich mit dem Quarze, aber von dem Auflösungsvermögen der flüssigen Kohlensäure ist uns leider so gut wie Nichts bekannt. Auf Glas, worin sie lange Zeit eingeschlossen war, scheint sie keine besondere Einwirkung gehabt zu haben. Glaseinschlüsse sind in dem Labrador nicht zu beobachten, wohl aber findet sich mit der flüssigen Kohlensäure stets ein kleiner Krystall, ein augitartiger Mikrolith in ein- und derselben Höhlung zusammen, und zwar wird der gröfsere Theil des letzteren von dem festen Körper eingenommen.

Ich zweifle nicht, dafs weitere Studien noch in manchen anderen Gesteinen flüssige Kohlensäure nachweisen werden, und erinnere schliesslich noch einmal an die Unsicherheit, welche in Betreff des Aggregatzustandes der indifferenten »Libellen« besteht. Was unserer sinnlichen Wahrnehmung als das Einfachste erscheint, behält bei theoretischer Prüfung und in der Combination der Thatsachen nicht immer die grösste Wahrscheinlichkeit.

In den Bestandtheilen der jüngeren, eigentlich vulkanischen Gesteine sind Flüssigkeitseinschlüsse, wie bereits bemerkt, verhältnifsmäfsig selten. Mein Schwager, Professor Zirkel, welcher sich augenblicklich mit der mikroskopischen Untersuchung basaltartiger Gesteine beschäftigt, hat jedoch mehrfach im Olivin, seltener im Feldspath und Augit derartiger Gesteine Flüssigkeitseinschlüsse aufgefunden. Ueber das Vorkommen derselben in gewissen Leuciten hat Zirkel bereits früher Mittheilung gemacht²⁾.

Wir haben vor Kurzem Gelegenheit gehabt, die betref-

1) *Arch. Néerl. T. III, p. 30.*

2) *Vgl. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. XX. 1868. S. 116 ff.*

fenden Präparate gemeinschaftlich zu untersuchen, und das Ergebniss unserer Beobachtungen ist folgendes: In dem Olivin aus der Lava vom Mosenberg in der Eifel, vom unteren Ende des Stromes, fanden sich viele und ziemlich grofse Flüssigkeitseinschlüsse, deren Inhalt in seinen physikalischen Eigenthümlichkeiten mit der flüssigen Kohlensäure durchaus übereinstimmte. Namentlich war je nach den verschiedenen Volumen-Verhältnissen, wie bei den Einschlüssen im St. Gotthardt-Gestein, sowohl eine Condensation der Gasblase durch die Ausdehnung der Flüssigkeit, als auch, wenn nur wenig Flüssigkeit vorhanden war, eine Verdampfung derselben bei erhöhter Temperatur zu beobachten. Ebenso verhielt sich die Flüssigkeit im Olivin der Basalte vom Geising bei Altenberg in Sachsen, und von Marburg in Hessen. Auch die Flüssigkeitseinschlüsse aus dem Feldspath des Basaltes vom Berge Smolnik bei Heiligenkreuz in Ungarn bestehen aus flüssiger Kohlensäure. In allen diesen Fällen wurde die Libelle beim Erwärmen condensirt, und indifferente Flüssigkeitseinschlüsse waren neben jenen nicht vorhanden. Der Condensationszustand der Kohlensäure kam dem in den früher beschriebenen Vorkommnissen wiederum ziemlich nahe; das Thermometer zeigte 30 bis 32° C., wenn das Letzte der Libelle condensirt wurde, oder beim Erkalten das Gasbläschen zurückkehrte. Die Flüssigkeit im Leucit aus der Lava vom Capo di Bove und aus dem Leucitophyr von Rieden war jedoch nicht flüssige Kohlensäure; die Einschlüsse verhielten sich genau wie die meisten der Granitquarze; die Bewegung der Libelle wurde beim Erwärmen langsamer, hörte schliesslich auf, aber bei einer Temperatur von über 100° C. war keine Veränderung der Volumverhältnisse zu bemerken. Im Leucit vom Capo di Bove haben die Einschlüsse grofse Aehnlichkeit mit den zwiefachen Einschlüssen des Gotthardtquarzes (vgl. die Abbildung von Zirkel), aber hier kann kein Zweifel seyn, dafs der eine gelbliche, unveränderliche Theil feste Glasseinstanz ist, da gleichartige, wohlcharakterisirte Glaseinschlüsse massenhaft in demselben Krystall liegen.

Das wichtigste Resultat der vorstehenden Untersuchungen ist wohl in der Thatsache gelegen, daß die flüssige Kohlensäure sich nicht nur auf untergeordneten Lagerstätten, sondern auch durch ganze Gesteinsmassen eingeschlossen findet, ein directer Beweis dafür, daß die Condensationszustände während der Bildung dieser Massen, oder in der Tiefe, in welcher sie gebildet worden sind, sehr wesentlich von unserem jetzigen oberflächlichen Atmosphärendruck verschieden waren. Bemerkenswerth ist die Uebereinstimmung, welche in dieser Beziehung, wenn auch nur bei wenigen Vorkommnissen, zwischen den Graniten und den zuletzt besprochenen vulkanischen Gesteinen hervortritt. Besonders interessant erscheint das Vorkommen der flüssigen Kohlensäure in dem Olivin des oberflächlichen Lavastroms vom Mosenberg. Ob eine derartige Condensation durch die Erstarrung und Krystallisation der flüssigen Silicatmasse irgendwie bedingt oder begünstigt wurde, oder ob dieselbe dadurch zu erklären ist, daß der betreffende Olivin in der Tiefe gebildet und nur mechanisch an die Oberfläche geführt wurde, läßt sich nicht entscheiden.

Delft im Januar 1869.

VII. *Ueber den Einfluss mechanischer Veränderungen auf die magnetische Drehungsfähigkeit einiger Substanzen; von R. Lüdtge.¹⁾*

Frühere Untersuchungen haben constatirt, daß mechanische Veränderungen, wie Pressung, schnelle Kühlung, Erwärmung, die Fähigkeit der Körper, unter dem Einfluss des elektrischen Stromes oder des Magnetismus die Polarisationsebene des Lichtes zu drehen, wesentlich verändern, selbst gänzlich aufheben können. Es scheint nach Wertheim's Beobach-

1) Diese Untersuchung ist im Laboratorium des Hrn. G. Magnus angestellt,

tungen¹⁾ wahrscheinlich, daß geprefstes Glas schon unter verhältnißmäßsig geringem Druck diese eigenthümliche Fähigkeit einbüßt, aber während Bertin²⁾ dasselbe vom schnell gekühlten Glase behauptet, meint Matteucci³⁾, ihm entgegen, dennoch bei schnell gekühlten Gläsern eine schwache Drehung bemerkt zu haben, und derselbe Autor sucht durch einige Versuche darzuthun, daß mit der Erhöhung der Temperatur wahrscheinlich eine Vermehrung der magnetischen Drehungsfähigkeit verbunden sey. Man hat ferner aus diesen Erscheinungen, verbunden mit analogen an Krystallen, die Annahme abgeleitet, daß überhaupt doppeltbrechende Körper die magnetische Drehungsfähigkeit nur für Strahlen besitzen, die parallel der optischen Axe hindurch gehen. Wir werden sehen, daß diese Annahme in solcher Allgemeinheit nicht zulässig ist, weil die oben genannten Erscheinungen an geprefsten und gekühlten Gläsern selbst, sowie auch die ähnlichen Erscheinungen an Krystallen nicht streng richtig sind, daß sie vielmehr Ungenauigkeiten enthalten, welche ebenso wie der erwähnte Widerspruch zwischen Bertin und Matteucci aus der Unzulänglichkeit der angewendeten Beobachtungsmethoden für diese Erscheinungen entsprungen sind, und die wir daher, gestützt auf eine andere und genauere Beobachtungsmethode, leicht werden berichtigen können. Was die früheren Beobachtungsmethoden anbelangt, so sind sie fast genau dieselben, wie sie auch zur Beobachtung der natürlichen Drehung gebräuchlich sind.

Ich erinnere an die einfachsten derselben, welche die vollständige Verdunkelung des Gesichtsfeldes herzustellen sucht, an die Methode von Pouillet, welche in der Beurtheilung der Farbengleichheit der beiden Hälften einer Quarz-Doppelplatte besteht und endlich an die von Broch und Foucault angegebene, von Wiedemann zuerst für magnetische Drehung gebrauchte Methode, deren Hauptmo-

1) *Wertheim, Compt. rend. T. XXXII, p. 289 u. 290.*

2) *Bertin, Compt. rend. T. XXVIII, p. 500.*

3) *Matteucci, Ann. de Chim. et de Phys. 3. Série. T. XXIV, p. 354, 1848.*

ment in der Beurtheilung der Ortsveränderung eines schwarzen Streifens besteht, welcher das Spectrum des aus dem Polarisationsapparat tretenden Lichtbündels durchzieht.

Diese Methoden aber sind für Substanzen, die einige Ungleichheit der Structur besitzen, wie sie bei Pressung oder schneller Kühlung stets eintritt, nicht anwendbar. Das Gesichtsfeld kann dann eben nicht vollständig verdunkelt, die Farbengleichheit in der Doppelplatte nicht hergestellt werden, und der schwarze Streifen der letzt erwähnten Methode erscheint verzerrt, so daß seine Lage nicht gut fixirt werden kann.

Finden wir also in der Ungleichheit der Structur der zu untersuchenden Substanz einen Umstand, der die Genauigkeit jeder der gebräuchlichen Methoden um ein Beträchtliches verringert, so mußte es für eine Untersuchung, die gerade mit solchen Substanzen zu thun hat, vor allem wünschenswerth seyn, diesen Uebelstand auf das geringste Maafs zu reduciren.

Es scheint mir in folgender Beobachtungsmethode so ziemlich dieser Zweck erreicht zu seyn, ohne daß der Genauigkeit oder Handlichkeit Abbruch gethan wäre.

Diese Methode, für deren Anwendung das Licht einer Lampe genügt, kann sehr gut als eine Combination der beiden zuletzt beschriebenen Methoden aufgefaßt werden.

In der That sind der Gebrauch einer Quarz-Doppelplatte und die Zerlegung des polarisirten Lichtbündels durch ein Prisma in die einzelnen Farben ihre beiden Hauptmomente.

Das reflectirte weiße Licht der Sonne oder das durch eine Linse parallel gemachte Licht einer künstlichen Lichtquelle *L* (Fig. 8 Taf. VI) wird durch einen Polarisationsapparat, bestehend aus zwei Nicol'schen Prismen *a* und *b* gesandt, in welchem eine Doppelplatte aus Quarz eingeschaltet ist, deren Flächen senkrecht zur Axe sind.

Wird in diesen Apparat noch eine rechtsdrehende Substanz eingefügt, so wird jede einzelne Farbe in beiden Hälften um gleichviel nach rechts gedreht. Es wird also immer

möglich seyn, wenn man das analysirende Nicol um einen eben so grofsen Winkel nachdreht, wie sich durch die hinzugefügte Substanz das Azimuth verändert hat, in beiden Hälften gleichzeitig diese Farbe zu erhalten, oder, wenn man den Nicol um 90° weiter dreht, sie auszulöschen.

Die angewandte Platte hatte eine Dicke von 7,5 Mm. und zeigte, wenn keine drehende Substanz hinzugefügt war, die *Teinte sensible*. Es war die complementaire Farbe oder das mittlere Gelb ausgelöscht. Zerlegt man das durch den Polarisationsapparat hindurchgegangene Licht ohne eingefügte drehende Substanz durch ein vertical gestelltes Prisma in die einzelnen Farben, so wird in den beiden über einander befindlichen Spectren derselben ein und dieselbe Farbe, das mittlere Gelb, ausgelöscht seyn; an Stelle desselben durchzieht ein einziger schwarzer Streifen beide Spectra von oben nach unten (Fig. 2 Taf. VI).

Nach Einführung der rechts drehenden Substanz wird der analysirende Nicol für die obere rechts drehende Hälfte der Doppelplatte nicht mehr das mittlere Gelb, sondern eine minder brechbare Farbe, also vielleicht Orange, für die untere Platte eine mehr brechbare Farbe, vielleicht Grün auslöschen. Die beiden schwarzen Streifen, welche vorher, weil sie genau übereinander standen, wie ein einziger Streifen erschienen, werden auseinander rücken, der obere nach dem Roth, der untere nach dem Violet hin, und das Aussehen des Spectrums wird das von Fig. 3 Taf. VI seyn.

Es ist einleuchtend, dafs, wenn man eine links drehende Substanz einfügt, der Vorgang ganz ähnlich ist, nur dafs im oberen Spectrum der Streifen nach Violet, im unteren zum Roth wandert.

Es ist ferner nach dem Vorhergehenden klar, dafs es gleichgültig ist, ob man eine drehende Substanz einfügt, oder ob man in einer in den Gang der Lichtstrahlen eingefügten von Natur nicht drehenden Substanz plötzlich durch magnetische Kräfte eine gewisse Drehung hervorbringt, oder endlich die natürliche Drehungsfähigkeit einer eingefügten Substanz durch magnetische Kräfte verändert.

Es wird immer möglich seyn, wenn man den Analysator dreht, wiederum in beiden Hälften zugleich das mittlere Gelb zu vernichten, also in beiden Spectren die Streifen wieder so sich nähern zu lassen, daß sie wie ein einziger erscheinen. Dieser Winkel, um den man für diese Einstellung den Analysator aus seiner ersten Stellung drehen muß, giebt direct die Drehung an, welche das mittlere Gelb unter dem Einfluß des Magnetismus erfahren hat.

Die Einrichtung des Apparats ist demnach folgende: *a* und *b* (Fig. 8 Taf. VI) sind die beiden Nicol'schen Prismen, *c* die Doppelplatte, *s* die auf ihre Drehung zu untersuchende Substanz, *L* die Lichtquelle, (*l*) eine Linse, welche die Lichtstrahlen parallel macht. Dicht vor dem analysirenden Nicol'schen Prisma *b*, dessen Drehung an einem Theilkreise auf $\frac{1}{10}^{\circ}$ abgelesen werden kann, befindet sich eine ungefähr 1 Mm. breite Spalte; dicht hinter dem Nicol ein großer Bunsen'scher Spectralapparat zur Beobachtung der entstehenden Spectra; das am Spectralapparat befindliche Fernrohr dient zur Vergrößerung derselben.

Ferner habe ich oft mit Vortheil für die Helligkeit der Spectren zwei Cylinderlinsen mit verschiedenen Brennweiten, deren Axen aufeinander senkrecht standen, in den Gang der Lichtstrahlen eingefügt.

Außerdem wird es gut seyn, das Fernrohr nicht so einzustellen, daß die Trennungslinie der beiden Spectra, welche der Trennungsfläche der Hälften der Doppelplatte entspricht, möglichst scharf erscheint. Eine kleine Verrückung aus dieser Einstellung läßt diese Trennungslinie beinahe verschwinden, ohne die Deutlichkeit der Spectren zu beeinträchtigen und die schwarzen Streifen in den beiden Spectren werden, wenn sie nun übereinander stehen, vollkommen wie ein Streifen erscheinen, während vorher die schwarze Trennungslinie etwas störte.

Wie bei allen anderen oben beschriebenen Methoden läßt sich auch bei dieser mit Vortheil eine mehrfache Spiegelung des Lichtstrahls, wie sie zuerst von Faraday angegeben ist, anwenden, welche denselben zwingt, mehrmals

die zu untersuchende Substanz zu durchlaufen. Die Wirkung, also hier das Auseinanderrücken der schwarzen Streifen, vervielfacht sich mit der Anzahl der Spiegelungen. Freilich wird auch in demselben Maasse die Intensität des Lichts abnehmen; doch haben mir Versuche gezeigt, daß eine zweifache Spiegelung, welcher ein dreifacher Durchgang des Lichtstrahls durch die Substanz entspricht, noch eine hinreichende Helligkeit der Spectren übrig läßt. Für inhomogene Substanzen jedoch empfiehlt sich diese vervielfachte Spiegelung nicht.

Was die Vortheile dieser Methode, gegenüber den früheren, betrifft, so ist besonders hervorzuheben, daß Lampenlicht zu derselben genügt und sie eine Genauigkeit der Einstellung, unter sonst günstigen Bedingungen, auf $\frac{1}{10}^{\circ}$ gestattet, ohne unter ungünstigen Bedingungen, wie sie bei geprefsten und gekühlten Gläsern auftreten, eine größere Ungenauigkeit als $0,4$ zu veranlassen.

Die Schwierigkeit ferner der Wiedemann'schen Methode, das Fadenkreuz des Fernrohrs auf die Mitte eines ziemlich breiten, an den Rändern verwaschenen Streifens einzustellen, fällt hier ganz fort. Es ist von geringem Einfluß, ob diese schwarze Streifen mehr oder minder breit sind, denn da in denselben immer die Helligkeit nach den Rändern hin zunimmt, so wird, wenn selbst eine so geringe Verschiebung eintritt, daß sich die Streifen noch untereinander befinden, die ungleiche Helligkeit der übereinander befindlichen Theile beider Streifen die stattgefundene Verschiebung anzeigen (etwa wie Fig. 4 Taf. VI zeigt).

Endlich, und dieser Vortheil ist der wichtigste für unsere Untersuchungen, ist die Verschiedenheit der Structur in den Substanzen kein Hinderniß für die Beobachtung. Die Streifen werden freilich verzerrt erscheinen, aber es wird sich immer leicht beurtheilen lassen, ob der eine genau über dem andern liegt oder nicht (Fig. 5 und 6 Taf. VI).

Es dürfte gleich hier am Platze seyn, noch eine andere Beobachtungsmethode zu erwähnen, welche, wenn sie auch wie die früheren Methoden, nicht vortheilhaft bei nicht ho-

mogenen Substanzen anzuwenden ist, dennoch eine größere Genauigkeit als diese gewährt.

Diese Methode, bei welcher ebenfalls Lampenlicht genügt, beruht auf einigen Eigenschaften jener zahlreichen und wunderbar scharfen schwarzen Linien, welche das Spectrum eines Lichtbündels durchziehen, wenn dasselbe einen einaxigen, parallel zur Axe geschnittenen Krystall von einiger Dicke durchlaufen hat, dessen Axe um 45° gegen die aufeinander senkrechten Polarisations Ebenen geneigt ist. Diese Linien entstehen, ähnlich wie die Talbot'schen, durch die Interferenz der beiden gleich intensiven Lichtbündel, in welche die Krystallplatte das vom ersten Nicol kommende polarisirte Licht zerlegt. Denn da beide nach ihrem Durchgange durch die Platte einen gewissen Gangunterschied haben, der für gewisse Farben das ungerade Vielfache einer halben Wellenlänge beträgt, so werden, wenn das analysirende Prisma so gestellt ist, daß es gleich intensive Componenten der beiden Lichtbündel zwingt, in derselben Ebene zu schwingen, in dem durchgegangenen Lichte jene Farben vollständig vernichtet werden, während andere nur geschwächt, andere ganz ungeschwächt das Prisma verlassen.

Wird nun das Spectrum dieses Lichtbündels entworfen, so werden in diesem alle die Farben fehlen, deren Gangunterschied das ungerade Vielfache einer halben Wellenlänge betrug, an ihrer Stelle durchziehen sehr scharfe schwarze Streifen von oben nach unten das Spectrum, deren Anzahl, ihrer Entstehung gemäß, mit der Dicke des Krystalls wächst.

Es ist klar, daß nur dann eine vollständige Vernichtung jener Farben stattfinden kann, wenn die Axe der Krystallplatte 45° mit beiden Polarisations Ebenen macht; denn nur dann werden die zwei durch den Krystall senkrecht zu einander polarisirten Lichtbündel gleiche Intensität besitzen, in jeder anderen Stellung des Krystalls wird die Interferenz nur eine theilweise seyn, um endlich, wenn die Axe des Krystalls in der Polarisations Ebene eines der beiden Nicols liegt, vollständig zu verschwinden, da in diesem Falle überhaupt nur das eine der beiden Bündel zur Geltung kommt.

Diese verschiedenen Fälle aber, daß die Axe des Krystalls einen Winkel von 45° mit der Polarisationssebene der ankommenden Lichtstrahlen bildet, einen Winkel, der kleiner, oder einen der größer als 45° , oder endlich $= 0$ oder 90° ist, treten für die verschiedenen Farben zu gleicher Zeit auf, wenn das polarisirte Lichtbündel, ehe es die Krystallplatte erreicht, eine drehende Substanz, vielleicht Quarz, von genügender Dicke, durchlaufen hat.

Diejenigen Farben, welche unter einen Winkel von 45° gegen die Axe des Krystalls geneigt sind, werden eine vollständige Interferenz erfahren, im Spectrum werden die Linien, welche diesen Farben entsprechen, am dunkelsten erscheinen, während sie bei den andern Farben weniger dunkel sind, um endlich an andern Stellen, nämlich für diejenigen Farben, deren Polarisationssebene einen Winkel von 0 oder 90° mit der Axe des Krystalls macht, ganz zu fehlen. Es scheint dann an dieser Stelle ein schwarzer Streifen zu fehlen (Fig. 7 Taf. VI). Wird nun durch eine außerdem eingefügte drehende Substanz die Drehungsfähigkeit des senkrechten Quarzes vermehrt oder vermindert, so wird die Stelle, wo die dunkle Linie fehlt, in einem andern Theile des Spectrums liegen. Man wird daher den Krystall mit dem Analysator zugleich drehen müssen, wenn man die Stelle, wo die dunkle Linie fehlt, wieder in dieselbe Farbe zurückbringen will, nämlich um denselben Winkel, um welchen die Polarisationssebene jener Farbe durch die eingeschaltete Substanz gedreht worden ist. Dieser Winkel ist also das direkte Maass für die jener Farbe ertheilte Drehung. Geschah diese Drehung durch den Einfluß des Magnetismus, so haben wir ein directes Maass für die jener Farbe ertheilte magnetische Drehung. Diese Methode erhält dadurch einen sehr großen Grad von Genauigkeit, daß man die Anzahl der Streifen fast beliebig vermehren kann; denn dadurch wird es möglich, daß, obgleich in der Nähe des fehlenden dunklen Streifens die vorhandenen weniger scharf sind, man doch die Stelle, wo ein Streifen fehlt, sehr scharf beobachten kann.

Trotz mancher Vortheile dieser Methode bleibt sie doch für Substanzen, die nicht homogen sind, hinter der vorigen zurück. Dazu kommt, dafs, da es sich um die Beobachtung von feinen, gitterartig nebeneinander stehenden Linien bei derselben handelt, das Auge sehr leidet; ein Uebelstand, der zwar durch die Abblendung des Spectrums bis auf einen ganz kleinen Theil desselben bedeutend verringert werden kann, aber doch die Methode nur in seltenen Fällen wird anzuwenden gestatten.

In Folgendem ist eine Reihe von Beobachtungen enthalten, welche mit Hülfe der ersteren der beiden neuen Methoden im Laboratorium der hiesigen Universität unter Leitung des Hrn. Geheimraths Magnus, dessen freundlichem Rathe ich vielen Dank schulde, angestellt sind.

Die Untersuchung wurde bei Lampenlicht ausgeführt, und zwar diente zur Erzeugung desselben ein Argand'scher Gasbrenner, welcher innerhalb eines dunklen Kastens stand, der einen Reflector und eine Linse enthielt, welche bewirkten, dafs die Strahlen parallel austraten.

Zur Drehung der Polarisationssebene diente ein kräftiger, durch 8 grofse Bunsen'sche Elemente erregter Elektromagnet, dessen hufeisenförmiger Eisenkern einen Durchmesser von 9 Ctm. hatte und von vier Spiralen 5 Mm. dicken umsponnenen Kupferdrahtes im Gewicht von 240 Pfd. umgeben war.

Auf den Polen lagen Anker (Fig. 9 Taf. VI) AB und $A'B'$, welche zum Durchgang des Lichtes in der Richtung der magnetischen Axe durchbohrt waren.

Die zur Untersuchung dienende Substanz wurde in den Raum zwischen die beiden Anker gebracht, nachdem diese selbst durch zwischengelegte Platten verhindert waren, unter dem Einflufs des Magnetismus zusammen zu schlagen und etwa die eingefügte Substanz zu zerdrücken. Die Messung der Stromintensität geschah an einer Tangenten-Busssole, welche in einem Nebenzimmer stand, und die erst nach Ausfügung des Elektromagneten mit den Poldrähten der Batterie verbunden wurde.

Das Ausschalten des Elektromagneten, sowie das Wechseln der Stromesrichtung in demselben geschah mittelst eines Gyrotropen, der am Magnet selbst befestigt war.

Die übrige Einrichtung des Apparats ist bereits bei Gelegenheit der Darstellung der Methode beschrieben worden.

Zuerst wurde eine Reihe schnell gekühlter Gläser in Bezug auf ihre magnetische Drehung untersucht.

Es ist bereits oben angeführt, daß nach Faraday, Bertin und Matteucci schnell gekühlten Gläsern die Fähigkeit abgeht, die elektromagnetische Drehung anzunehmen, dennoch wurde bei allen zur Untersuchung gelangten gekühlten Gläsern, deren Dicke zwischen 4 Mm. und 11 Mm. variierte, ein deutliches Auseinanderweichen der beiden schwarzen Streifen im Gelb des Spectrums bemerkt, und da außerdem die dem Durchgang der Strahlen ausgesetzte Stelle bei einem und demselben Glase möglichst gewechselt wurde, so scheint kein Zweifel, daß die von Matteucci und Bertin angegebenen Resultate unter der Ungenauigkeit ihrer Methode zu leiden hatten, und wirklich, als versuchsweise bei beiden erst beschriebenen Methoden der Aufhellung des Gesichtsfeldes oder der Farbenveränderung der beiden Hälften der Doppelplatte, angewendet wurden, war es nicht möglich, die magnetische Drehung zu beobachten. Eine ungefähre Messung, der dem mittleren Gelb ertheilten Drehung ergab, daß dieselbe bei den verschiedenen Gläsern zwischen $0^{\circ},4$ und $1^{\circ},4$ schwankte, oder vielmehr, da diese Drehung schon die bei entgegengesetzt gerichteten Strömen beobachtete, also eigentlich das Doppelte der richtigen war, zwischen $0^{\circ},2$ und $0^{\circ},7$. Diefs Resultat ist bemerkenswerth, einestheils zur Berichtigung der Angabe, daß schnell gekühlte Gläser keine magnetische Drehung zeigen, dann aber beweist es auch, daß die selbst in einige verbreitete Lehrbücher aufgenommene Annahme, daß doppelt brechende Körper nur in der Richtung ihrer optischen Axe die magnetische Drehung zeigen können, wenigstens für gekühlte Gläser ungenau sey. Wir werden sehen, daß auch noch andere Erscheinungen dieser Annahme

widersprechen. Denn da man leicht aus obigem Resultate jene Annahme dahin berichtigen könnte, daß sie eben nicht für künstlich, sondern nur für natürlich doppelt brechende Körper zulässig wäre, so untersuchte ich ebenfalls einen natürlich doppelt brechenden Körper, eine senkrecht zur Axe geschnittene Quarzplatte, in Bezug auf ihre magnetische Drehung.

Faraday hatte vergebens am Quarz die elektromagnetische Drehung gesucht, Ed. Becquerel hatte sodann mittelst einer anderen Methode die Drehungsfähigkeit in der Richtung der optischen Axe constatirt. Die folgenden Resultate werden zeigen, daß obige Annahme auch für natürlich doppelt brechende Körper nicht zulässig ist, daß auch Quarz, dessen Axe gegen die Richtung der Lichtstrahlen geneigt ist, eine, wenn auch mit der Neigung sich vermindernde Drehungsfähigkeit zeigt. Die zur Anwendung gebrachte Quarzplatte war eben dieselbe Doppelplatte (e) von 7,5 Mm. Dicke, welche als zur Beobachtungsmethode gehörig oben beschrieben wurde. Sie wurde von ihrer früheren Stellung dicht vor dem analysirenden Nicol entfernt und an der Axe eines kleinen Goniometers befestigt, so daß man die Neigung der Quarzplatte gegen die Richtung der Lichtstrahlen annähernd bestimmen konnte, zwischen die Anker des Elektromagneten gebracht, und genau so, wie früher, wurde die Abweichung der schwarzen Streifen des Spectrums beobachtet. Die Intensität des Stromes wurde in Rechnung gebracht und dabei für verschiedene Neigungen der Lichtstrahlen gegen die optische Axe folgende Werthe gefunden:

Winkel.	Doppelte Drehung.
0°	1°,1
1°	1°
2°	0°,9
3°	0°,6
5°	0°,4
6°	0°,4.

Zu bemerken ist in Hinsicht dieser Data, daß sie als genaue Messungen nicht zu betrachten sind, denn da bei Neigungen der optischen Axe des Quarzes gegen den Gang der Lichtstrahlen die schwarzen Streifen des Spectrums mehr und mehr aufgebellt werden, so daß sich also die Genauigkeit der Messungen wesentlich vermindert, so liegt der Unterschied der Drehungswinkel für größere Neigungen innerhalb der Fehlerquelle.

Aber deutlich treten zwei Thatsachen aus den angegebenen Daten hervor, nämlich: daß erstens, entgegen der früheren Annahme der Quarz nicht allein in der Richtung der optischen Axe, sondern auch in einer dazu geneigten die magnetische Drehungsfähigkeit besitzt, und zweitens, daß sich diese Drehungsfähigkeit mit zunehmender Neigung verringert. In der Richtung des Lichtstrahls senkrecht zur optischen Axe wurde gar keine Drehung bemerkt. Es wäre interessant, diese Thatsachen am Quarz, aber auch besonders an anderen Krystallen genauer zu untersuchen. Denn es ist nicht unwahrscheinlich, daß die oben angedeutete Annahme, die für doppelt brechende Körper im Allgemeinen wie diese Resultate zeigen, nicht gilt, dennoch für andere Krystalle, die nicht wie der Quarz natürliche Drehung besitzen, richtig sey, daß aber, da in Krystallen die Strahlen gezwungen sind, in zwei aufeinander senkrechten Ebenen zu schwingen, eine magnetische Drehung sich nicht in der Verlegung dieser Ebenen, sondern nur in der Veränderung der Intensitäten der beiden Componenten zeigt.

Viel Aehnlichkeit mit den optischen Erscheinungen schnell gekühlter Gläser bieten seitlich comprimirte Gläser dar.

Bertin und Wertheim haben deren magnetische Drehungsfähigkeiten genauer untersucht und übereinstimmend gefunden, daß schon bei einem verhältnißmäßig geringen Druck von 200 Kilogramm oder bei einem Gangunterschied von einer viertel Wellenlänge der beiden durch die künstliche Doppelbrechung senkrecht zu einander polarisirten Lichtbündel die magnetische Drehung verschwindet. Außer-

dem hat sich Matteucci mit dem Gegenstand beschäftigt und im Widerspruch zu jenen Resultaten gefunden, daß gepreßtes Flintglas dennoch eine manchmal größere, manchmal kleinere Drehung als ungepreßtes Flintglas zeige. Edlund hat zwar die Ungenauigkeit der zu Matteucci's Untersuchung dienenden Beobachtungsmethode dargethan, dennoch schien es wünschenswerth, den Widerspruch zwischen obigen Angaben auf dem Wege des Experiments selbst zu lösen. Zu dem Ende verschaffte ich mir einige Stücke hinreichend homogenen Flintglases und Kronenglases. Eine Schraubenpresse, deren Backen sich parallel zu einander verschieben ließen und mit sorgsam geschliffenen Messingplatten garnirt waren, diente zum Zusammenpressen der Gläser.

Die in Untersuchung genommenen Stücke Flintglas und Crown Glas waren parallelepipedisch geformt und auf der Messinggarnitur der Presse aufgeschliffen, so daß der ausgeübte Druck ein möglichst gleichmäßiger war. Eine vorläufige Beobachtung ergab, daß beim Comprimiren das Glas zwischen gekreuzten Nicols das vorher dunkle Gesichtsfeld gleichmäßig erhellt und gefärbt erschien und nur an den Rändern einige Unregelmäßigkeiten zeigte.

Das Flintglasstück hatte eine Länge von 52 Mm., eine Breite von 30 Mm. und eine Dicke von 13 Mm.

Das Crown Glasstück hatte eine Länge von 45 Mm., eine Breite von 37 Mm., und eine Dicke von 11 Mm.

Wenn nun auch bei Anwendung der Presse ein bestimmtes Maas des ausgeübten Druckes nicht gut möglich war, so gab dennoch das von Wertheim gefundene Gesetz, daß bei seitlich comprimirtem Glase der Gangunterschied der beiden durch die Doppelbrechung entstandenen Lichtbündel bis zu einer Last von 500 Kilogramm ziemlich proportional sey dem ausgeübten Druck, ein ungefähres Urtheil über die relative Zunahme der ausgeübten Druckkräfte. Es braucht nur mittelst eines Babinet'schen Compensators der Gangunterschied für die verschiedenen Pressungen bestimmt zu werden. Zu den folgenden Beobachtungen wurde die

Presse mit dem Glase innerhalb der Anker befestigt, so dafs während der ganzen Untersuchung die Lage des Glases gegen die Anker constant war.

Der durch die Pressung hervorgebrachte Gangunterschied wurde vor und nach jeder einzelnen Beobachtung bestimmt, um sicher zu seyn, dafs sich während der Beobachtung die Compressionsverhältnisse nicht geändert hatten. Jede Beobachtung bestand aus vier einzelnen Messungen der dem mittleren Gelb ertheilten magnetischen Drehung.

Folgende Tabelle enthält die für das Flintglas gefundenen Resultate.

Δ bezeichnet den Gangunterschied in ganzen Wellenlängen; Δ die beobachtete doppelte Drehung.

Δ	Δ	Δ	Δ
5°	0	3,5°	0,35
4,8	0,05	3,5	0,45
4,6	0,01	3	0,5
4,2	0,2	2,7	0,55
4,0	0,25	2,4	0,6
3,7	0,3.		

Für einen gröfseren Gangunterschied, als der zuletzt in der Tabelle vermerkte, von $\frac{3}{5}$ Wellenlänge konnte auch noch eine schwache Drehung bemerkt aber nicht gemessen werden. Aber schon aus den angegebenen und durch eine grofse Reihe von Beobachtungen begründeten Zahlenwerthen ergibt sich, dafs

1. seitlich comprimirtes Flintglas eine gewisse Drehungsfähigkeit besitzt, die bei einem Gangunterschied von $\frac{3}{5}$ Wellenlängen noch deutlich gemessen werden kann, und dafs
2. die magnetische Drehungsfähigkeit seitlich comprimirtes Flintglases mit zunehmender Compression abnimmt.

Das zur Untersuchung angewandte Stück Crownnglas war nicht ganz so homogen wie das Flintglas. Ohne deshalb weiter Messungen der Gangunterschiede anzustellen, wurde mehrmals ohne und mit Compression die magnetische Drehungsfähigkeit gemessen und gefunden, dafs im ersteren

Falle diese immer gröfser war, als im zweiten, dafs also auch beim Crown Glas wie beim Flintglas durch Compression wohl die Drehungsfähigkeit geschwächt, aber nicht aufgehoben wird.

Wenn wir nun mit diesen Resultaten die Angaben Bertin's, Wertheim's und Matteucci's in Einklang bringen wollen, so ergibt sich, dafs der Widerspruch zwischen Bertin und Wertheim einerseits und Matteucci andererseits, von denen ersterer beim comprimierten Flintglas keine Drehung bemerkt haben, letzterer aber eine solche bemerkt zu haben angiebt, dadurch gehoben wird, dafs jene bei Anwendung der Faraday'schen, in dieser Abhandlung zuerst beschriebenen Methode die noch vorhandene schwache Drehungsfähigkeit nicht bemerken konnten, dieser aber bei Anwendung der Pouillet'schen Methode der Doppelplatte und unter Ausübung eines vielleicht geringeren Drucks recht gut eine gewisse Drehungsfähigkeit beobachtet haben kann. In der That zeigten mir Versuche, dafs mit der Faraday'schen Methode schon bei sehr geringem Druck die magnetische Drehung des Flintglases verschwunden zu seyn schien.

Wenn ferner Matteucci beim comprimierten Crown Glas keine magnetische Drehung bemerkt hat, so rührt dies daher, dafs eben Crown Glas im incomprimierten Zustande nur sehr schwach dreht, also eine durch Compression geschwächte aber noch vorhandene Drehung um so leichter bei einer unzulänglichen Methode unbemerkt bleiben kann. Versuche zeigten auch hier, dafs comprimirtes Crown Glas bei Anwendung der von Matteucci gebrauchten Methode keine magnetische Drehung zeigt.

An diese Untersuchungen schliesst sich natürlich die Frage an, wie sich von allen Seiten comprimirtes Glas verhalten mag. Ein Experiment darüber anzustellen, würde seine grofse Schwierigkeiten haben, doch scheint mir die Thatsache, dafs, wie wir oben gesehen haben, kreisrunde und schnell gekühlte Gläser eine, wenn auch schwache, magnetische Drehungsfähigkeit zeigen, dafür zu sprechen,

dafs diefs auch bei von allen Seiten comprimierten Glasstücken der Fall seyn dürfte.

Jedenfalls haben wir hier einen neuen Beweis gegen die Annahme, dafs doppeltbrechende Körper nur in der Richtung ihrer optischen Axe die magnetische Drehung zeigen.

Was endlich den Einfluß betrifft, den Temperaturveränderungen auf das magnetische Drehungsvermögen der Körper ausüben, so liegen darüber nur zwei Angaben von Matteucci vor, die aussagen, dafs Faraday'sches sowohl wie Flintglas bei der Temperatur des siedenden Oeles ein fast $1\frac{1}{2}$ mal so großes Drehungsvermögen haben, als bei gewöhnlicher Temperatur. Wir werden sehen, dafs selbst diese beiden Data ungenau, dafs vor allen Dingen die Annahme, dafs mit der Erhöhung der Temperatur eine Vermehrung der Drehungsfähigkeit verbunden sey, nicht zulässig ist.

Um die vorgenannten Matteucci'schen Resultate zu prüfen, liefs ich einen Lußheizungs-Apparat nach Art des von Descloiseaux zur Untersuchung erwärmter Krystalle anfertigen (Fig. 9 Taf. VI).

Ein 18 Ctm. langer, 8 Ctm. breiter, 8 Ctm. hoher Messingkasten erhielt an seinen längeren Seitenwänden gegenüberstehend zwei Oeffnungen *C* und *C'* (Fig. 9), welche, mit kleinen Glasscheiben geschlossen, dem Licht den Durchgang gestatten. In der oberen Wandung waren zwei Oeffnungen *e* und *e'* zur Aufnahme zweier hunderttheiliger Thermometer. In der Mitte der oberen Wandung endlich befand sich eine gröfsere Oeffnung *s*, welche durch Deckel geschlossen werden konnte und zum Einführen der zu untersuchenden Substanz in das Innere des Kastens dienen sollte.

Die Erwärmung geschah durch Spirituslampen, nachdem der Apparat zwischen die Anker gebracht war, so dafs seine Stellung zu dieser während der Untersuchung derselben Substanz unverändert blieb.

Es wurde so lange erwärmt, bis eine bestimmte Temperatur wenigstens $\frac{1}{4}$ Stunde lang an beiden Thermometern zugleich beobachtet wurde, sodann angenommen, daß der zu untersuchende Körper hinreichend gleichmäßig erwärmt sey, die Messungen der Drehungsfähigkeit vorgenommen und die Correctionen für die Stromintensitäten angebracht.

Die zur Anwendung gekommenen Körper waren

1. ein Stück parallelepipedisches Faraday'sches Glas von 5 Ctm. Länge, 12 Ctm. Breite, 12 Ctm. Dicke.
2. und 3. Die oben beschriebenen Stücke Flintglas und Kronglas.

Es wurde erst bei ansteigender Temperatur, sodann bei absteigender, beobachtet. Anfang und Ende der Beobachtungen geschahen bei der Temperatur des Zimmers, mußten also dieselben Werthe geben. Heißt t die Temperatur, Δ die beobachtete, also doppelte Drehung des mittleren Gelb, so ist

A. für Faraday'sches Glas

t	Δ
30°	12'
40	12
110	11,8
200	11,8

B. für Flintglas

t	Δ
23	8,4'
40	8,4
100	8,2
200	8,1

C. für Kronglas

t	Δ
23°	3,2'
100	3
200	2,8.

Aus diesen Resultaten, die ich später weiter zu verfolgen gedenke, folgt jedenfalls, daß, wenn Matteucci eine

Vermehrung der Drehungsfähigkeit mit Erhöhung der Temperatur beobachtet hat, dieß an Ungenauigkeit seiner Methode gelegen haben muß.

Ich nehme Anstand zu behaupten, daß eine Verminderung der Drehungsfähigkeit eintrete: Freilich lassen obige Resultate übereinstimmend eine solche erkennen, die aber so unbedeutend ist, daß, um sie zu constatiren, erst genauere Untersuchungen erforderlich seyn dürften. Fassen wir noch einmal zum Schluß die mit Hülfe unserer Methode erlangten Resultate kurz zusammen, so scheint bewiesen:

1. Daß die schnelle Kühlung oder seitliche Pressung der Gläser die magnetische Drehungsfähigkeit nicht aufhebt, sondern nur schwächt.
 2. Daß Quarzkrystalle auch in Richtungen, die gegen die optische Axe geneigt sind, die magnetische Drehungsfähigkeit besitzen, und daß sich dieselbe mit größerer Neigung vermindert bei senkrechtem Gang der Lichtstrahlen gegen die optische Axe gleich Null wird.
 3. Daß überhaupt die Annahme: »doppelt brechende Körper zeigen die magnetische Drehung nur in der Richtung der optischen Axe — in dieser Allgemeinheit nicht zulässig ist.«
 4. Daß Temperaturerhöhung beim Faraday'schen, beim Flintglase und beim Kronglase keine Vermehrung der Drehungsfähigkeit zur Folge hat, wie Matteucci angiebt, sondern daß, wenn überhaupt eine Veränderung eintritt, dieß nur eine Verminderung seyn dürfte.
-

VIII. *Ueber die Anwendung eines mit einer Drahtspirale armirten Stahlmagnets in der dynamo-elektrischen Maschine;*
von Dr. W. Sinsteden in Pasewalk.

Vor 18 Jahren schrieb ich in diesen Annalen, Band 84, Seite 186: »Ich kann nicht unterlassen, auf den Umstand aufmerksam zu machen, dafs der Stahlmagnet meines magneto-elektrischen Rotations-Apparats einen Inductionsstrom erregt, der in die Spirale eines Elektromagnets geleitet, diesen weit über das Doppelte der Tragkraft jenes Stahlmagnets erregt. Dieser Umstand an sich ist schon bemerkenswerth, aber er scheint auch ein Mittel zu bieten, von einem einzigen Stahlmagnet aus, die magneto-elektrischen Ströme bis ins Ungeheure zu steigern. Liefse man nämlich vor den Polen des durch den magneto-elektrischen Rotations-Apparat erregten Elektromagnets abermals eine Inductionsrolle rotiren, so würde man von derselben einen Strom erhalten, dessen Stärke wieder doppelt so grofs, als der des ersten Apparats seyn, und einen zweiten Elektromagnet wieder zu der verdoppelten Tragkraft des ersten erregen würde. Nichts hindert, diesem zweiten Elektromagnet wieder eine Inductionsrolle gegenüber zu stellen, deren Inductionsstrom einen dritten Elektromagnet erregte; diesem abermals eine Inductionsrolle gegenüber zu stellen, und mit dieser Anordnung fortzufahren, so lange man noch Herr über Masse und Gewicht ist, diese Rollen in Rotation zu versetzen. Auf diese Weise würde man sehr bald Inductionsströme erhalten, welche die Ströme der riesenhaftesten hydro-elektrischen Apparate von Children und Hare weit hinter sich liefsen.«

Hier ist also schon der Weg angegeben, elektrische Ströme von unbegrenzter Stärke zu erzeugen, wenn hinreichende Arbeitskraft vorhanden ist. Ganz im Sinne dieser damals ausgesprochenen Idee haben neuerdings H. Wilde in Manchester, Siemens-Halske, Wheatstone und

Andere, Apparate, die mächtige Ströme erregen, construirt, wobei sie aber die vereinfachende wichtige Verbesserung anbrachten, dafs der Strom des ersten Inductors nicht einen zweiten Elektromagnet, der Inductor dieses einen dritten Elektromagnet usw. in immer verdoppelter Verstärkung inducirte, sonder dafs sie den Strom des ersten Inductors sogleich in die Drahtwindungen des denselben inducirenden Elektromagnets leiteten, wo nun gegenseitig der Elektromagnet den Inductor, der Inductor den Elektromagnet mit Zunahme der Schnelligkeit der Umdrehungen immer stärker und stärker erregt.

Alle diese Apparate sind aber nicht ganz selbstständig; sie bedürfen eines ursprünglichen Stromerregers zur anfänglichen Magnetisirung des Elektromagnets; so bedient sich Wilde hierzu eines magneto-elektrischen Rotations-Apparats, Siemens-Halske einiger galvanischer Elemente; oder es mufs, wenn man von dem remanenten Magnetismus des Elektromagnets allein ausgehen will, der Inductor eine Zeit lang gedreht werden, bis er eine grofse Geschwindigkeit erlangt hat.

Es fragt sich nun, ob diese dynamo-elektrische Maschine nicht ganz selbstständig gemacht werden könne, dadurch, dafs anstatt eines Elektromagnets ein *Stahlmagnet* angewandt wird, der mit einer Inductionsspirale armirt ist. Sollte diefs geschehen können, so ist es voraussichtlich nur unter zwei Bedingungen möglich; einmal, dafs der Stahlmagnet durch die ihn umgebende Inductionsspirale ebenso kräftig magnetisirt werden könne, wie das weiche Eisen des Elektromagnets und dann, dafs in derselben durch die Rotation des Inductors nicht entgegengesetzt gerichtete Ströme hervorgerufen werden, wenn nämlich das Eisen des Inductors den Magnet abwechselnd schliesst und wieder öffnet.

Sturgeon war der Ansicht, dafs die Wirkungen des elektrischen Stromes auf die Erregung des Magnetismus im weichen Eisen unendlich grofs sey, im Vergleich zu seiner Wirkung auf gehärteten Stahl. Aber auch das weichste Eisen hat ein magnetisches Maximum, über das hinaus auch

ein noch so starker Strom seinen Magnetismus weiter nicht erhöhen kann. Die Elias'sche Methode, Stablamellen zu magnetisiren, steht der Methode des Streichens nicht nach; und wenn anstatt des Elias'schen kurzen Spiralinges, der über die Schenkel des Magnets hin und her gezogen wird, die ganzen Schenkel mit einer Spirale umgeben sind, so muß dadurch ihre Magnetisirung noch kräftiger vor sich gehen. Endlich hat Joh. Müller durch directe Versuche dargethan, daß wenigstens *angelassener* Stahl durch die elektrische Spirale ebenso stark magnetisirt wird, wie weiches Eisen. Wenn der Strom stark genug war, um das weiche Eisen bis zu seinem Maximum zu magnetisiren, so magnetisirte er den angelassenen Stahlstab ebenso stark, wie jenes (Pogg. Ann. Bd. 85, S. 157). In dieser ersten Beziehung könnte also der Elektromagnet wohl durch einen mit einer Inductionsspirale armirten Stahlmagnet ersetzt werden, wenn derselbe angelassen ist. *

Bei der Auseinandersetzung der Wirkungsweise der dynamo-elektrischen Maschine, und bei der Ueberlegung, ob man in derselben anstatt eines Elektromagnets einen Stahlmagnet anwenden dürfe, kommen ferner folgende Inductionsvorgänge in Betracht:

In der einen Eisenkern umschließenden Spirale entsteht ein elektrischer Strom, wenn der Magnetismus im Eisenkern sich in Bewegung befindet, das ist, wenn er magnetisch wird, — wenn er seinen Magnetismus verliert, — wenn er seine Polarität umkehrt, — und beim permanenten Magnet, wenn sein Magnetismus durch Vorlegen eines Ankers gebunden wird, — und wenn durch Abreißen des Ankers sein Magnetismus wieder frei wird. Diese Ströme haben nach bekanntem Gesetz verschiedene Richtung. Selbstverständlich ist es, daß bei der dynamo-elektrischen Maschine in der Spirale des U-Magnets nothwendig immer nur ein mit dem commutirten Strome des Inductors gleichlaufender und den U-Magnet nur nach einer und derselben Richtung magnetisirender Strom inducirt werden darf.

Hiernach beurtheilt sich die aufgestellte zweite Bedin-

gung, unter der ein Stahlmagnet in unserer Maschine angewandt werden könnte. Es fragt sich, ob durch die Rotation des Inductors zwischen den Polbacken des U-förmigen Stahlmagnets, also durch das Annähern und Entfernen der Eisenmasse des Inductors an die Pole und von den Polen des Magnets, nicht entgegengesetzt gerichtete Ströme in dessen Spirale erregt werden. Hat man einen Stahlmagnet mit einer Spirale umgeben, welche mit den Windungen eines Multipliers verknüpft ist, und schließt durch einen Anker die Pole, wodurch der Magnetismus im Magnet gebunden wird, so zeigt die Multiplikatornadel das Entstehen eines Stroms entgegengesetzter Richtung von dem, der bei dem Abreißen des Ankers, und dem wieder Freiwerden des Magnetismus, hervorgerufen wird. Ein magneto-elektrischer Rotations-Apparat nach der ursprünglichen Construction, wo die Magnetschenkel und auch die Eisenkerne des Inductors weit auseinander stehen, wäre daher zu einer dynamo-elektrischen Inductions-Maschine, wenn man die Magnetschenkel mit einer Spirale armiren wollte, nicht geeignet. Denn da hier bei einer Umdrehung des Inductors die Eisenkerne desselben zweimal den Magnetpolen gegenüber zu stehen kommen, und zweimal dieselben vollständig verlassen, im ersten Falle also der Magnetismus im Magnete gebunden, im andern Falle frei wird, so würde in der Inductionsspirale des Magnets ein Strom zweimal nach der einen Richtung und zweimal nach entgegengesetzter Richtung inducirt werden. Die normalen Stromimpulse, welche den Magnet und den zu verwendenden Gesamtstrom der Maschine verstärken sollen, würden durch diese entgegengesetzten Ströme wieder in ihrer Wirkung aufgehoben werden, und der Stahlmagnet dadurch sehr bald seine Kraft verlieren. Ganz anders verhält sich die Sache, wenn man die Petrina'sche Einrichtung des Apparats wählte, bei welchem der Inductor über den Seitenflächen der nahe zusammenstehenden Magnetschenkel rotirt, und dessen Eisenkerne bedeutend dicker sind, als der Abstand der Magnetschenkel von einander, so daß der Magnet durch dieselben immer geschlossen bleibt, und daher

Schließungsströme in der Spirale, die man um seine Schenkel gelegt hat, nicht zu Stande kommen können (Pogg. Ann. Bd. 76, S. 524).

Dem Princip nach sind auch alle oben genannten dynamoelektrischen Maschinen nach dieser Einrichtung construirt; sie alle haben den Siemens-Halske'schen Cylinder-Inductor, dessen Pole von langen, sehr breiten eisernen Abschnitten des Cylindermantels gebildet werden. Die Breite dieser Pole ist gröfser als der Abstand der cylinderförmig ausgehöhlten Polbacken des Elektromagnets, zwischen denen sie rotiren, so dafs sie niemals aus denselben ganz herauskommen, vielmehr in jedem Drehungsmoment noch mit einem grofsen Theil ihrer Oberfläche sich denselben gegenüber befinden. Der Magnet bleibt daher immer geschlossen, wenn auch nach und nach stets von andern Theilen der Eisenmasse des Inductors. Demnach können denn auch hier in der Spirale des U-förmigen Magnets Inductionsströme, die durch plötzliches Schließen desselben erregt werden, gar nicht entstehen. Aber dieses bleibende Geschlosseneeyn des Magnets verhindert dennoch nicht, dafs bei einer Umdrehung des Inductors zweimal ein starker *Oeffnungsstrom* in seiner Spirale hervorgerufen wird, gerade in einem Zeitpunkt, wo auch der stärkste Stromimpuls in der Spirale des Inductors sich in die Spirale des Magnets fortsetzt, und seinen Magnetismus aufs Höchste steigert. Denn der Cylinder-Inductor rotirt nicht als ein *indifferentes* Eisenstück, sondern als *Magnet*, und hat als solcher eine ganz andere Einwirkung auf den U-Magnet. Wenn nämlich die Polschienen des Cylinder-Inductors zwischen den Polbacken des U-Magnets stehen, so haben sie die ungleichnamige oder freundschaftliche Polarität dieser Pole; dem Nordpole gegenüber ist die eine Schiene süd-, dem Südpole gegenüber, die andere nordpolar. Sie behalten diese Polarität, so lange sie noch mit einem Theil ihrer Cylinderfläche den Polen gegenüberstehen; längere Zeit, ehe bei der Rotation die nachfolgenden Ränder der Schienen ihren Pol verlassen, stehen aber die vorgehenden Ränder derselben schon den

entgegengesetzten Polen des U-Magnets gegenüber und treffen also auf feindliche, gleichnamige Pole. Bei der Schnelligkeit der Rotation und bei der meßbaren Trägheit des Eisens, Magnetismus anzunehmen und zu verlieren, bleibt dieser Zustand der Schienen wohl auch noch eine Zeit lang bestehen, wenn die nachfolgenden Ränder derselben schon von den Polen abreißen. Bei der durch mechanische Kraft bewirkten Rotation des Inductors werden also stets *freundschafliche Pole von einander gerissen, und feindliche auf einander getrieben*. Je weiter die nachfolgenden Ränder der Schienen aus dem Bereich ihres Pols hinausgehen und die vorgehenden Ränder derselben sich dem andern Pole mehr und mehr gegenüber stellen, desto mehr geht die ursprüngliche Polarität der Schienen in die entgegengesetzte über, das heißt, es findet der Polwechsel des Inductors statt. Der Inductor wechselt seine Polarität unmittelbar, ohne inzwischen in einen indifferenten Zustand gekommen zu seyn. Hier ist die größte und schnellste magnetische Bewegung in seinem Eisenkern, die den stärksten Strom in seiner Spirale inducirt. Gleichzeitig ist jetzt auch in der Spirale des U-Magnets der kräftigste normale *Oeffnungs-Inductionsstrom*, der mit dem Strome des Inductors gleichgerichtet ist, den Magnetismus des U-Magnets erhöht und den zu verwendenden Gesamtstrom der Maschine außerordentlich verstärkt. Denn während einerseits durch das Abreißen der nachfolgenden Ränder der Inductorschienen von den Magnetpolen der Magnetismus in den Schenkeln des U-Magnets frei wird, verstärken andererseits noch die vorgehenden Ränder dieser Schienen, welche mit feindlicher Polarität auf die Pole stoßen, diesen freien Magnetismus; denn feindliche Pole, einander gegenüber, binden sich nicht, sondern sie verstärken ihren freien Magnetismus; gerade so, wie man zwei oder mehrere magnetisirte Stahllamellen mit gleichnamigen Polen aufeinander legt, um einen verstärkten, zusammengesetzten Magnet, ein magnetisches Magazin, zu bilden.

Einen bis zur *Bläue* angelassenen und mit einer Spirale armirten *Stahlmagnet* in der dynamo-elektrischen Maschine

anzuwenden, steht also diesen Erörterungen gemäß nichts entgegen. — Man hat dann zur Einleitung der Wirkung dieser Maschine keine galvanischen Elemente etc. als Hilfsapparat nöthig. — Indessen sind es nicht diese Betrachtungen, die mich ermuthigt hätten, eine solche Maschine zu construiren; sie sind nachträglich entstanden, nachdem der Zufall mir eine solche mit einem Stahlmagnet construirte dynamo-elektrische Maschine schon im Jahre 1861, damals freilich noch in wenig vollkommener Einrichtung, in die Hand gegeben hat. Damals wurde hier nach meiner Angabe ein größerer magneto-elektrischer Rotations-Apparat zunächst für eine Ausstellung gebaut. Der aufrecht stehende Magnet wiegt 118 Z. Pfund und besteht aus 40 Stahllamellen. Jede Lamelle ist 12" lang, $1\frac{5}{8}$ " breit, $\frac{3}{8}$ " dick. Fünf Pakete zu 4 Lamellen bilden je einen der beiden Magnetschenkel. Eine schmiedeiserne Platte (10" lang, $7\frac{1}{2}$ " breit, 1" dick) bildet das Verbindungsstück, an das die Magnetschenkel angeschraubt sind. Diese tragen oben die Polbacken.

Um diesen aus so vielen Theilen zusammengesetzten Magnet, wenn er später einmal gestrichen werden sollte, nicht auseinander nehmen zu müssen, legte ich das Verbindungsstück auf zwei Holzleisten hohl, und umgab dasselbe, sowie auch den untern Theil der Magnetschenkel, mit einer Drahtspirale, deren eines Ende mit dem Polständer, zu dem der Anfang der Spirale des Inductors führt, bleibend verbunden wurde, deren anderes Ende an einen isolirten Wirbel befestigt wurde, der nach Belieben an den andern Polständer, zu dem das Ende der Spirale des Inductors führte, angeklemt werden konnte. Die Stahlmagnet-Spirale war so gewunden, daß wenn der commutirte Strom des Inductors hindurch geleitet wurde, der Stahlmagnet dadurch im Sinne seiner ursprünglichen Polarität magnetisirt wurde. Der Cylinderinductor, $11\frac{1}{2}$ " lang, 7" dick, besteht aus vier, auf seine Axe kreuzförmig gestellten Flügeln, die breite eiserne Cylinderabschnitte, als ihre Pole, tragen. Die schematische Durchschnittszeichnung der Maschine Fig. 6 Taf. V wird ihren Bau hinlänglich verdeutlichen. Die Inductions-

spiralen der 4 Flügel können alle hintereinander verbunden werden:

a. ganze Länge, einfache Drahtdicke; oder zwei und zwei nebeneinander:

b. halbe Drahtlänge, zweifache Drahtdicke; oder alle vier nebeneinander:

c. Ein Viertel der Drahtlänge, vierfache Drahtdicke.

Ebenso kann die Inductionsspirale des Stahlmagnets:

1. in ihrer ganzen einfachen Länge benutzt werden; — oder ihre auf einen Magnetschenkel gewickelte Hälfte neben der auf den andern Magnetschenkel gewickelten Hälfte.

2. Halbe Länge, doppelte Drahtdicke.

Bei der Combination c. und 1. kann der Apparat durch eine Mannskraft in ziemlich schnelle Rotation versetzt werden, und entwickelt dann im Voltameter in einer Minute 17 bis 18 Cub. Zoll Knallgas, giebt ein prächtiges Kohlenlicht und verbrennt Uhrfedern mit großer Energie.

Bei der Combination c. und 2. reicht eine Mannskraft nicht mehr aus, den Apparat in mäßiger schnelle Rotation zu setzen, und da ich eine größere Kraft noch nicht Gelegenheit gehabt, anzuwenden, so kenne ich die größten Leistungen der Maschine noch nicht. Dafs dieselbe auch mit Ausschließung der Inductionsspirale des Stahlmagnets benutzt werden kann, ist selbstverständlich.

IX. *Ueber eine verbesserte Einrichtung des Leclanché'schen Elements und einen neuen Selbstunterbrecher; von Dr. W. Sinsteden.*

Das Leclanché'sche Element hat einige wesentliche Mängel: die Kohle befindet sich in dem porösen Thoncylinder, der Zinkstab oder das im rechten Winkel gebogene Zinkblech steht ihr nur von einer Seite gegenüber; und doch

sollte die Oberfläche der Kohle gröfser seyn, als die des Zinks, und beide sollten sich mit ihrer ganzen Oberfläche gleich nahe gegenüberstehen. Die Kohle des Elements ist zur Verbindung mit dem Schliefsungsdraht mit Blei umgossen; die Salmiaklösung dringt sehr bald durch die Kohle an das Blei, und es entsteht hier ein dicker schmieriger Wulst von kohlen saurem Bleioxyd, welches die gute Leitung verhindert, und eine grofse Unsauberkeit herbeiführt.

Diese Uebelstände zu vermeiden, habe ich das Element in folgender Weise eingerichtet.

Zwei oder drei Retortenkohlenplatten stehen dicht an der innern Wand eines cylindrischen Steintopfs und sind durch kleinere keilförmige Coaksstückchen, die zwischen ihre Ränder eingeklemmt sind, zu einem festen Gewölbe verbunden. Diese Kohlenplatten stehen $\frac{1}{2}$ Zoll unterhalb des obern Randes des Steintopfs, haben oben ein senkrechtes einen Zoll tiefes enges Loch; in das ein etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll langes Stück eines $\frac{1}{16}$ Zoll dicken Drahts von chemisch reinem Silber fest eingeprefst ist. Das aus der Kohle vorstehende Ende des Silberdrahts ist über den ausgebogenen Rand des Topfs nach aufsen und unten in die hier befindliche horizontale Rille eingedrückt, und durch einen dicken in die Rille um den Topf gelegten Kupferdraht, dessen beide Enden fest zusammengedreht sind, festgehalten. Die unter dem Kupferdraht vorstehenden kurzen Enden des Silberdrahts sind über denselben wieder nach oben gebogen, und mittelst Schnellloth an denselben angelöthet. Die zusammengedrehten Enden des Kupferdrahts stehen einen Zoll vor, und dienen dazu, den Leitungsdraht des Zinks des nächsten Elements durch eine Klemmschraube aufzunehmen. Der poröse Thoncyliner, dessen oberer Rand $\frac{1}{2}$ Zoll breit mit einer Mischung aus Wachs und Colophonium getränkt ist, wird nun in den mit den Kohlenplatten ausgefüllerten Topf gestellt und der Zwischenraum bis zur Höhe der Kohlenplatten mit kleingestofsener Retortenkohle, die mit Salmiaklösung angefeuchtet und mit Braunsteinpulver überzogen und gemischt ist, fest ausgefüllt. Nachdem nun der Thon-

cylinder die Salmiaklösung und den Zinkkolben aufgenommen hat, wird ein steinerner oder glasierter Thondeckel, der, um die Schraubenklemme des Zinkkolbens nach oben heraustreten zu lassen, in der Mitte durchbohrt ist, und einen etwas über den Steintopf übergreifenden Rand hat, über das Ganze gedeckt.

Die Silberdrähte, welche so tief in die Kohlenplatten hinabreichen, wo sie von der Salmiaklösung beständig durchdrungen sind, bilden eine vorzüglich leitende Verbindung; sie werden niemals angegriffen, es efflorescirt niemals Salmiak an ihnen herauf, und sie bleiben für immer gut leitend und sauber. Seit 15 Monaten benutze ich zwei solcher Elemente, die heute noch ebenso wirksam und sauber sind, wie gleich nach ihrer Zusammenstellung, ohne dafs irgend etwas an ihnen geschehen wäre, als dafs einigemal etwas Salmiak und Wasser hinzugefügt worden ist. Das Zink ist nie herausgenommen worden. Sie dienen zu mancherlei Zwecken, namentlich auch um ein Paar Rufglocken im Hause in Bewegung zu setzen. Da der Selbstunterbrecher an diesen Glocken höchst einfach ist und sehr exact wirkt, so füge ich eine Zeichnung desselben nebst einigen Worten zur Verdeutlichung seiner Einrichtung bei.

In Fig. 7 Taf. V ist *E* ein zwischenkliger Elektromagnet, *A* der sich auf- und niederbewegende Anker. Zugleich mit ihm bewegt sich das kleine Stückchen Uhrfeder *a* auf und ab. Wenn der Magnet *E* nicht erregt ist, lehnt sich *a* an die Feder *bb*, gleichfalls ein Stückchen Uhrfeder, welches mittelst des im rechten Winkel gebogenen Messingstäbchens mit dem Kupferplättchen *c* verbunden ist. Die sichtbare Fläche dieses Plättchens ist mit einem dünnen Blättchen Elfenbein belegt, während die abgewandte Fläche desselben metallisch ist. Es ist das Plättchen des Grüel'schen Glockengeläutes. — Pogg. Ann. Bd. 68, S. 293. — Die Federn *a*, *bb* und das Plättchen *c* sind wesentliche Theile der Leitung zur Batterie, indem der von der Kohle kommende Draht an den Ständer, der das Plättchen *c* und *bb* trägt, hinführt, der vom Zink kommende Draht an den Elek-

tromagnet und weiter an den Ständer, der den Anker und die Feder *a* trägt, hinleitet. Zu der Ebene, in der die Feder *a* sich auf- und abbewegt, steht das Plättchen *c* schräg, so dafs es mit dieser Ebene sich in einem spitzen Winkel schneidet, und nur seine horizontale Mittellinie in dieser Ebene liegt. Wird nun an irgend einer Stelle der Leitung eine angebrachte Contactvorrichtung geschlossen, so zieht der Elektromagnet den Anker an, *a* schiebt sich zwischen der Feder *bb* und der hintern metallischen Fläche von *c* abwärts; an den untern Rand angekommen, schnellt sie von *c* ab, vor das Plättchen, wodurch nun die Leitung unterbrochen ist, und der Anker durch die Feder *F* gehoben wird. *a* schleift jetzt, über der vordern mit Elfenbein belegten Fläche von *c* aufwärts; an den obern Rand angekommen, schnellt sie wieder ab, hinter das Plättchen gegen die Feder *bb*, wodurch die Leitung wieder hergestellt ist, und so wiederholt sich dieser Vorgang so lange, bis der Contact in der Leitung zur Batterie wieder geöffnet wird. Bei dem Spiel der Feder *a* um die beiden Flächen des Plättchens *c* schlägt nun der Hammer beständig auf die Glocke.

X. *Laxmannit, ein neues Mineral, aus Beresowsk; von A. E. Nordenskjöld.*

In dem letzten Theile seiner *Afhandlingar i Fysik, Kemi och Mineralogie* theilt Berzelius eine Untersuchung eines neuen Minerals von Beresowsk mit, welches schon zuvor von Vauquelin und Hausmann bemerkt worden war, und von Berzelius nach dem zuerst erwähnten berühmten Chemiker den Namen *Vauqueline* oder, nach einer späteren Schreibart, *Vauquelinit* erhalten hatte. Die untersuchte Stufe enthielt auch Drusen, bekleidet mit kleinen glänzen-

den Krystallen von dem neuen Mineral, und in der obigen Untersuchung wird eine Beschreibung derselben geliefert, welche jedoch höchst unvollständig ist und, wie wir später sehen werden, sich vermuthlich auf einige in der Stufe vorkommende Pseudomorphosen bezieht. Bei einer näheren Prüfung des Vorrathes an vauquelinitartigen Mineralien in dem Mineralien-Cabinet des Reichsmuseums in Stockholm fand ich gleichwohl, dafs ein Theil dieser kleinen Krystalle deutlich genug war, um eine vollständige Bestimmung zu gestatten. Um aber eine vollständige Gewifsheit darüber zu erhalten, dafs die untersuchten Krystalle aus wirklichem *Vauquelinit* bestanden, unterwarf ich dieselben einer quantitativen Analyse. Ich fand nun, dafs man es hier mit keinem rein chromsauren Salze zu thun hatte, sondern mit einem Doppelsalz von Chromsäure und Phosphorsäure, also mit einem neuen Mineral, für welches ich den Namen *Laxmannit* vorschlage, nach dem durch seine Reisen in Sibirien bekannten Professor der Chemie E. Laxmann, dem mehrere schwedische Museen reiche Sendungen uralischer und altaischer Mineralien verdanken. Laxmann war überdies vermuthlich der Erste, welcher die Aufmerksamkeit auf die bei Beresowsk vorkommenden Mineralien lenkte; wenigstens erhielt die schwedische Akademie der Wissenschaften schon i. J. 1773 von ihm verschiedene schöne Stufen von sowohl rothem als auch grünlichem chromsaurem Bleioxyd.

Bei der Analyse I wurde das Mineral aufgelöst in warmer Salzsäure, versetzt mit ein wenig Alkohol; unter der Abkühlung der Lösung schied sich Chlorblei ab, welches, nachdem eine Mischung von Alkohol und Aether hinzugesetzt worden, aufs Filtrum genommen und gewogen wurde. Aus dem Filtrat wurde nach Abdunstung unter Zusatz von Schwefelsäure Kupfer ausgeschieden, mittelst unterschwefelsäuerlichem Natron. Darauf wurde das Chromoxyd und ein Theil der Phosphorsäure mittelst Ammoniak gefällt. Nachdem der Ueberschufs des Ammoniaks fortgetrieben war, wurde die Fällung aufs Filtrum genommen, gegläht und

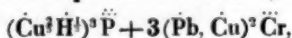
gewägt (*a*). Die gewogene Masse wurde geschmolzt mit einer Mischung von kohlensaurem Kali und Salpeter, in Wasser gelöst, wobei Spuren von Eisenoxyd ungelöst blieben, und aus dem Filtrat wurde die Phosphorsäure abgeschieden, nach der Reduction des Chromoxyds, mit molybdänsaurem Ammoniak, und zuletzt gewogen als phosphorsaure Talkerde (*b*). Nachdem die Phosphorsäure in *b* und die kleine Eisenmenge von *a* abgezogen war, erhielt man das Gewicht von Chromoxyd. Aus dem Filtrat nach *a* wurde ferner Phosphorsäure mittelst schwefelsaurer Ammoniak-Talkerde abgeschieden. Zuletzt wurde der Wassergehalt durch eine directe Probe an dem bei 100° getrockneten Minerale bestimmt, wobei das Wasser in eine gewogene Chlorcalciumröhre aufgenommen wurde.

Bei der Analyse wurde das Mineral in Salpetersäure gelöst, die Chromsäure mit Alkohol reducirt, das Blei mit Schwefelsäure, das Kupfer mit Schwefelwasserstoff, eine Mischung *a* von Phosphorsäure und Chromoxyd mit Ammoniak, die übriggebliebene Phosphorsäure mit schwefelsaurer Talkerde ausgeschieden. *a* wurde mit einer Mischung von kohlensaurem Kali und Salpeter geschmolzt, ein wenig ungelöstes Eisenoxyd abgeschieden, die Phosphorsäure mit schwefelsaurer Ammoniak-Talkerde, und das Chromoxyd nach der Reduction der Säure mit Ammoniak niedergeschlagen. Das Wasser wurde durch directe Probe an dem bei 100° getrockneten Stoff bestimmt.

Vauquelinit von Beresowsk.

	I.	II.
Bleioxyd	61,26	61,06
Kupferoxyd	12,43	10,85
Eisenoxyd	1,09	1,28
Chromsäure	15,26	16,76
Phosphorsäure	8,05	8,57
Wasser	1,31	0,90
	<hr/> 99,40	<hr/> 99,42.

Den Analysen entspricht die Formel ¹⁾:



welche fordert:

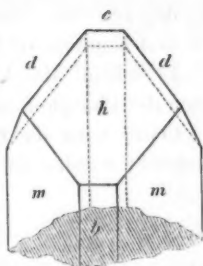
Bleioxyd	61,48
Kupferoxyd	13,13
Chromsäure	16,57
Phosphorsäure	7,83
Wasser	0,99
	<hr/> 100,00 ²⁾ .

Der Laxmannit bildet einige liniendicke Krystallrinden oder krystallinische Massen, erfüllt mit Drusenlöchern, deren Wände mit kleinen dunkelgrünen, flimmernden Krystallen bedeckt sind. Der Bruch ist theils krystallinisch, theils dicht und erdartig. Die Farbe dunkel olivengrün bis pistaziengrün und grüngrau. Das Pulver licht pistaziengrün. Die Härte gleich der des Kalkspaths. Das specifische Gewicht des feinpulverisirten Minerals = 5,77 (16° ³⁾.

Vor dem Löthrohr im Kolben giebt das Mineral unbedeutend Wasser ab. Schmilzt unter einiger Anschwellung auf Kohlen zu einer schwarzen Perle. Giebt mit Borsäure und Eisendraht Reaction von Phosphor; mit Phosphorsalz eine grüne Perle. Schmilzt mit Soda und Salpeter zusammen zu einer von chromsaurem Alkali gelb gefärbten Masse. Giebt, wenn es mit Soda auf Kohlen reducirt wird, nach Schlammung, weiche graue und kupferfarbige Metallkugeln. Wird in Salpetersäure und Salzsäure gelöst unter Abscheidung von Chlorblei.

Die Krystalle bilden sehr schief abgeschnittene *monokli-*

- 1) Vielleicht dürfte gleichwohl die am Ende der Abhandlung angeführte Formel dieser vorzuziehen seyn.
- 2) Bei der Berechnung sind folgende Atomgewichte angewendet: Cu=31,7; Cr=26,1; Pb=103,5; Fe=2^s; Mg=12; Cl=35,5.
- 3) An der Stufe kamen auch einige Pseudomorphosen von Kalkspath vor, welche, nach dem Aussehen zu urtheilen, ebenfalls aus Laxmannit oder Vanquelinith bestehen. Diese bildeten fast kubische, glänzende Rhomboëder, und die Charakteristik, welche Berzelius über die Krystalle des Stoffes liefert, bezieht sich vielleicht auf diese hohlen Pseudomorphosen.



nische Prismen von keilförmiger Gestalt und mit scharfen Kanten. Die Flächen sind zum Theil eben und stark glänzend, andere dagegen uneben und gebogen. Ueberhaupt sind sie reich an Formen, obgleich infolge der geringen Grösse der Krystalle nur einige wenige derselben bestimmt werden konnten.

$$a : b : c = 1 : 0,7400 : 1,3854$$

$$bc = 69^\circ 46'.$$

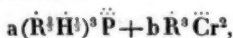
Am vorherrschendsten sind $\infty p(m)$ und $+p\infty(h)$, sowie eine Menge infolge ihrer Unebenheit nicht näher bestimmbarer negativer Pyramidenflächen. Die spitzigen Kanten zwischen $+p\infty$ und ∞p sind ebenfalls abgestumpft von $op(c)$ und $(\infty p)(d)$, sowie von verschiedenen anderen Flächen, deren Zeichen zu bestimmen mir nicht gelungen ist.

Unter diesen Flächen sind folgende Winkel gemessen und berechnet worden:

	Gemessen.	Berechnet.
$m : m$	$\{ 69^\circ 34',2$	$69^\circ 33',0$
	$\{ 110^\circ 31',5$	$110^\circ 27',5$
$m : h$	$\{ 134^\circ 25',0$	$134^\circ 24',5$
	$\{ 45^\circ 36',5$	$45^\circ 35',5$
$h : d$	$96^\circ 53',5$	$96^\circ 53',7$
$m : d$	$128^\circ 43',0$	$128^\circ 41',8$
$c : h$	ungef. $110^\circ \frac{1}{2}$	$101^\circ 21'.$

Der Laxmannit kommt zusammen mit chromsaurem Bleioxyd bei Beresowsk vor, und ein großer Theil der Stufen, welche für Vauquelinit gelten, dürften aus diesem Stoff bestehen. Anfangs vermuthete ich sogar, daß das von mir untersuchte Fossil aus demselben Mineral bestände, wie dasjenige, welches von Berzelius analysirt worden ist (in welchem Falle Berzelius den Phosphorgehalt des Stoffes übersehen haben würde); doch bei einer näheren Untersuchung verschiedenartiger, für Vauquelinit angesehener Mineralien fand ich, daß ein Theil derselben mit einem Gehalt

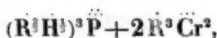
von etwa 60 Proc. Bleioxyd und 10 Proc. Kupferoxyd beinahe phosphorsäurefrei sind, andere dagegen mit einem fast unveränderten Gehalt an Bleioxyd und Kupferoxyd bis zu 16 Proc. Phosphorsäure enthalten. Es scheint also hier irgend eine Art von Isomorphie zwischen der Phosphorsäure und der Chromsäure stattzufinden. Vielleicht kann die Zusammensetzung dieser Mineralien ausgedrückt werden durch die gemeinsame Formel:



welche, wenn $R = \frac{2}{3}\text{Pb} + \frac{1}{3}\text{Cu}$ fordert:

$a = 0$	$b = 0$
Pb 61,45	Pb 58,27
Cu 10,94	Cu 10,38
Cr 27,61	P 27,82
100,00	H 3,53
	100,00.

Die Formel des Laxmannits, auf diese Weise gedeutet, würde seyn:



und fordern

Bleioxyd	60,39
Kupferoxyd	10,75
Chromsäure	18,41
Phosphorsäure	9,27
Wasser	1,18
	100,00.

Die oben angeführte Vermuthung, daß eine Art von Isomorphie zwischen $\text{P}^3\ddot{\text{P}}$ und $\text{R}^3\ddot{\text{Cr}}^2$ stattfindet, wird gewissermaßen unterstützt von der auffallenden Aehnlichkeit der Axenverhältnisse folgender Mineralien:

Monazit $\text{R}^3\ddot{\text{P}}$ $a:b:\frac{2}{3}c = 1:0,7462:1,3181; bc=69^\circ 43'$)

Laxmannit $\text{R}^3 \left\{ \begin{array}{l} \ddot{\text{P}} \\ \ddot{\text{Cr}}^2 \end{array} \right.$ $a:b:c = 1:0,7400:1,3854; bc=69^\circ 46'$.

1) Nach Miller's Winkelangaben, berechnet unter der Annahme von $+2p$ und $(p\infty)$ als Grundform.

Es dürfte überflüssig seyn, hier das außerordentliche Interesse darzulegen, welches eine solche Isomorphie auf die Beurtheilung des in neuesten Zeiten bestrittenen stöchiometrischen Baues der Vanadinsäure, der Molybdänsäure u. a. m. haben würde.

**XI. Ueber das Verhalten der jodsauren- und überjodsauren Salze in der Hitze, und die Bildung der letzteren aus Jodüren durch Superoxyde;
von C. Rammelsberg.**

Jodsaures Kali und jodsaures Natron verhalten sich in höherer Temperatur durchaus nicht gleich.

Das (wasserfreie) *jodsaure Kali* zersetzt sich gleich dem chlorsauren, in Sauerstoff und Jodkalium; letzteres ist neutral, es wird kein Jod frei, aber es bildet sich in keiner Periode des Erhitzens überjodsaures Salz, wie ich schon vor längerer Zeit nachgewiesen habe ¹⁾.

Ganz anders verhält sich das *jodsaure Natron*. Dieses Salz krystallisirt bei niederer Temperatur mit 5 Mol. Wasser, gewöhnlich aber in feinen seidenglänzenden Nadeln, welche 1 Mol. = 8,33 Proc. Wasser enthalten, welches sie bei 150° verlieren.

Schon Gay-Lussac führt an, dafs das jodsaure Natron in der Hitze etwas Jod verliere und nur alkalisch reagirendes Jodnatrium gebe.

Ganz im Gegentheil behauptet Bengieser ²⁾ beim Erhitzen des wasserfreien Salzes 24,2 Proc. Sauerstoff erhalten zu haben. Diefs ist aber die berechnete Menge in NaJO^3 , woraus folgen würde, dafs kein Jod frei geworden, und der Rückstand reines Jodnatrium gewesen wäre.

1) Diese Ann. Bd. 44, S. 545.

2) Ann. der Pharm. Bd. 17, S. 254.

Poggendorff's Annal. Bd. CXXXVII.

Liebig führt an ¹⁾, jodsaures Natron verhalte sich beim Glühen wie überjodsaures, und hinterlasse $\text{Na}^4\text{J}^3\text{O}^3$, welches mit Wasser Jodnatrium und jodsaures Natron gebe. Allein dieß ist ein Irrthum; das Perjodat hinterläßt $\text{Na}^4\text{J}^3\text{O}^3$ und dieß verhält sich gegen Wasser ganz anders.

Ich habe sehr oft entwässertes jodsaures Natron in kleinen Glasretorten, Platin- oder Porzellantiegeln erhitzt, stets aber eine ansehnliche und lange anhaltende Jodentwicklung aus der geschmolzenen Masse beobachtet. Setzt man das Glühen so lange fort, bis jene fast aufhört, so erhält man eine in Wasser leichtlösliche stark alkalische Masse, deren Auflösung auf Zusatz irgend einer Säure sich gelb oder braun färbt, und die mit Silbersalzen einen reichlichen Niederschlag von Jodsilber bildet. Barytwasser giebt einen geringen Niederschlag, welcher aus kohlen-saurem und meist ein wenig jodsaurem Baryt besteht. Seine salpetersaure Auflösung wird weder von Ammoniak gefällt, noch giebt sie, neutralisirt, mit Silbersalzen einen gefärbten Niederschlag. Die Auflösung des Glührückstandes enthält mithin kein Perjodat.

Vermischt man jodsaures Natron mit kohlen-saurem Natron, so wird wenig oder gar kein Jod frei. Auch in diesem Fall ist keine Ueberjodsäure in der Auflösung des Glührückstandes zu finden.

1) $1,65 \text{ NaJO}^3 = 1,085$ Rückstand, aus welchem $1,523 \text{ AgJ} = \text{J } 0,823$ und $0,625 \text{ Na}^2\text{SO}^4 = \text{Na } 0,20246$.

2) $7,49 = 4,93$ Rückstand.

3) $2,8097 = 1,99$ Rückstand.

4) $6,137 = 4,455$ Rückstand, nach längerem Glühen $4,375$ und zuletzt $4,323$.

5) $2,182 = 1,46$.

6) $2,055 = 1,317$.

7) $2,495 = 1,665$. Die Auflösung gab mit Silbersalz $2,665$ bei 100° getrockneten Niederschlag, der sich beim Schmelzen auf $2,541$ reducirte. Als er dann mit Salpetersäure digerirt wurde, blieben $2,307 \text{ Aq J}$ zurück, entspre-

3) A. a. O. Bd. 27, S. 43.

chend J 1,2468 und Ag 1,0603, während aus der Flüssigkeit 0,2773 AgCl = Ag 0,2087.

8) 7,077 = 4,43. Die Auflösung wurde mit Silbersalz gefällt, der Niederschlag abfiltrirt, und auf dem Filtrum mit verdünnter Salpetersäure behandelt. Es blieben 6,231 Ag J = J 3,3674 und Ag 2,8636 zurück, während die saure Flüssigkeit mit Chlorwasserstoffsäure 1,063 AgCl = Ag 0,8 lieferte. Aus dem ersten Filtrat resultirten 2,45 Na²SO⁴ = Na 0,79366.

Hiernach hinterlassen 100 Th. Na JO³ beim Erhitzen:

1)	65,76	5)	66,91
2)	65,82	6)	64,09
3)	70,82	7)	66,73
	72,59	8)	62,60
4)	71,29		
	70,44		

und dieser Rückstand enthält

	1.	7.	8.
Natrium	18,66	(17,41)	17,91
Jod	75,85	74,88	76,01

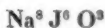
Das Atomverhältniß von J : Na ist hier in

$$1 = 1 : 1,36$$

$$7 = 1 : 1,3$$

$$8 = 1 : 1,3$$

also = 3 : 4. Offenbar ist der Glührückstand des jodsau-
ren Natrons



$$8 \text{ Na} = 184 = 18,51$$

$$6 \text{ J} = 762 = 76,66$$

$$3 \text{ O} = 48 = 41,83$$

$$\hline 994 \quad 100$$

und müßte demnach 62,75 Proc. des Salzes betragen. Es
wären also $\frac{1}{4}$ des Jods und $\frac{7}{8}$ des Sauerstoffs fortgegangen.

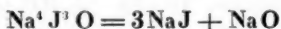
Der Silberniederschlag ist ein Gemenge von Jodsilber
und Silberoxyd, und der letzte Versuch (8) ergiebt die
Silbermengen in beiden = 3,5 : 1, welche Abweichung von
dem Verhältniß 3 : 1 daher rührt, dafs auch nach längerem

Glühen noch etwas jodsaures Salz vorhanden ist (oder in der Auflösung des Rückstandes sich bildet), so daß etwas AgJO^3 mit niederfällt.

Die Zusammensetzung $\text{Na}^6\text{J}^6\text{O}^3$ läßt sich am besten als



als Jodnatrium und ein Natriumsuperoxyd auffassen, welches für sich allerdings nicht bekannt ist. Wohl wäre es denkbar, daß die bekannte Verbindung NaO in der Substanz steckte, daß letztere



wäre, und demgemäß 18,8 Na und 77,9 J enthielte. Jodsaures Natron müßte 61,74 Proc. ergeben, welcher Zahl der letzte Versuch sehr nahe kommt.

Wie dem auch seyn mag, jedenfalls ist das Natrium-superoxyd die Ursache, daß die Auflösung von allen Säuren unter Freiwerden von Jod zersetzt wird ¹⁾.

Bei Gelegenheit meiner Untersuchungen der *überjodsauren Salze* ²⁾ habe ich ihr Verhalten in höherer Temperatur gleichfalls festgestellt, trage aber hier noch eine Reihe von Beobachtungen nach, die sich insbesondere auf die normalen Perjodate von K, Na und Ag beziehen.

Normales überjodsaures Kali, KJO^4 , ist bei 200° noch unverändert, bei 300° aber vollständig in *jodsaures Kali* verwandelt.

3,912 hatten $0,28 = 7,16$ Proc. Sauerstoff verloren. Die Auflösung gab rein weißes jodsaures Silber.

100 KJO^4 sind $= 93 \text{ KJO}^3$ und 7 Sauerstoff.

Krystallisirtes normales überjodsaures Natron, $\text{NaJO}^4 + 3\text{aq}$, verwandelt sich bei 300° gleichfalls in jodsaures Natron.

a) 5,207 verloren bis 200° $0,973 = 18,7$ Proc., bei 300° aber $1,3 = 24,97$ Proc.

b) 3,217 verloren bei 200° $0,6 = 18,65$ Proc. Wasser,

1) Nach Harcourt bildet Na^2O^2 mit Jod die Verbindung $\text{Na}^2\text{J}^2\text{O}$, welche von Säuren unter Jodabscheidung zersetzt wird.

2) Diese Ann. Bd. 134, S. 368.

bei 250° $0,865 = 26,9$ Proc., wobei eine kleine Menge durch die Gasentwicklung verstäubt war.

Da der Wassergehalt (20,15) und $\frac{1}{4}$ des Sauerstoffs 26,12 betragen, so ist der Rest NaJO^3 , was seine Reactionen vollkommen bestätigen. Diese Erfahrungen stehen mit den früher mitgetheilten ¹⁾ im Einklang.

Normales überjodsaures Silber, AgJO^4 . Das schöne orangerothe Salz ist bei 175° jodsaures Silber.

2,292 verloren bei 135° $0,009 = 0,4$ Proc., bei 150° $0,073 = 3,2$ Proc., bei 165° $0,085 = 3,7$ Proc. und bei 175° $0,14 = 6,11$ Proc.

Das Salz ist nun weiß und hat alle Eigenschaften des jodsauren Silbers. 100 AgJO^4 sind $= 5,35$ O und 94,65 AgJO^3 . ²⁾

Normales überjodsaures Ammoniak zersetzt sich unter Detonation in Jod, Stickstoff, Sauerstoff, Ammoniak und Wasser.

Normaler überjodsaurer Strontian zersetzt sich mit explosionsartiger Heftigkeit, wobei ein Theil der Masse umhergeschleudert wird, giebt Wasser, Sauerstoff und Jod und hinterläßt nach dem Glühen einen bräunlichen Rückstand, der an Wasser SrJ^2 abgiebt, sich in Salpetersäure löst, und mit Silbersalz auf Jodsäure und Ueberjodsäure reagirt.

Normale überjodsaure Magnesia hinterläßt Magnesia mit ein wenig Jodmagnesium.

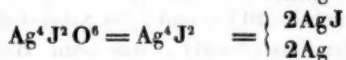
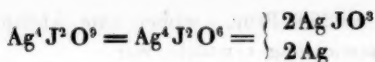
Die zahlreiche Klasse der *halb-überjodsauren Salze* verhält sich zum Theil ganz eigenthümlich, und erregt dadurch ein besonderes Interesse.

Das Silbersalz, $\text{Ag}^4\text{J}^3\text{O}^9$, verwandelt sich beim Schmelzen zuerst in jodsaures Silber und Silber ³⁾, und jenes zuletzt in Jodsilber,

1) A. a. O. S. 377.

2) Fernlund beobachtete an dem orangefarbigem Silbersalze bei 140° einen Verlust von 6 Proc. und schloß daraus, es enthalte 1 Mol. aq (Journ. f. pr. Chem. Bd. 100, S. 65).

3) A. a. O. S. 384.



Es tritt also zuerst $\frac{1}{3}$ des Sauerstoffs, sodann der Rest aus.

Das *Kaliumsalz*, $\text{K}^4\text{J}^2\text{O}^9$, verliert $\frac{8}{9}$ des Sauerstoffs, und der Rückstand $\text{K}^4\text{J}^2\text{O}$ giebt mit Wasser eine stark alkalische Auflösung, welche Kohlensäure anzieht, ist also 2KJ , K^2O oder ein Oxyjodür $\text{K}^4 \left\{ \begin{array}{l} \text{J}^2 \\ \text{O} \end{array} \right.$

Das *Natriumsalz*, $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^9$, welches bei 200° wasserfrei wird, verliert schon unter 300° Sauerstoff, und es läßt sich die Bildung von jodsaurem Natron durch Baryt- und Silbersalze nachweisen. Erhitzt man stärker, so sintert es stark oder schmilzt unter fernerer Sauerstoffentwicklung, und der Rückstand ist $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^3$, so dafs also $\frac{2}{3}$ des Sauerstoffs fortgegangen sind. Diese Thatsache wurde von Magnus und Ammermüller zuerst beobachtet, welche fanden, dafs man den Rückstand nur durch sehr starkes Glühen in $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}$ verwandeln kann.

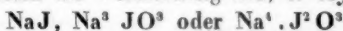
100 Th. $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^9 + 3\text{aq}$ müssen 72,42 $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^3$ geben, und 27,58 = 17,65 Sauerstoff verlieren. Die Entdecker erhielten 17,89 Sauerstoff, und auch Langlois bekam 72,84 Proc. Rückstand.

Meine Versuche, theils in Glasgefäfsen, theils in Porzellantiegeln ausgeführt, haben 72,02 — 72,16 — 74,0 Proc. ergeben.

Der Bildung dieses Körpers geht die von jodsaurem Natron voran. Man kann sich also das Perjodat als $2\text{NaJO}^4 \left\{ \begin{array}{l} \text{Na}^2\text{O} \end{array} \right.$ denken. Das erstere verwandelt sich anfänglich unter Abgabe von 2O in 2NaJO^3 , und dieses tritt mit Na^2O unter fernerem Verlust von 4O zu $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^3$ zusammen, d. h. es wird zu NaJ , und sein Sauerstoff verwandelt Na^2O in Na^2O^3 .

Die Natur dieses Rückstandes ist bisher nur vermuthet

worden. Die Entdecker fanden, dafs er an der Luft Wasser anzieht, wobei Jod frei wird, dafs er sich in kaltem Wasser sehr schwer auflöst, alkalisch reagirt, dann aber auf Lackmus bleichend wirkt, dafs er aber, mit Wasser erhitzt, eine Auflösung giebt, welche jodsaures Natron enthält. Sie stellten die Vermuthung auf, er sey entweder

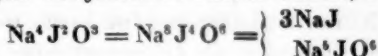


d. h. er enthalte das Salz einer Säure, deren Anhydrid entweder $\text{J}^2 \text{O}^3$ oder $\text{J}^2 \text{O}$ seyn würde.

Ich glaube durch eine Reihe von Versuchen zu einem anderen Schlufs auf die Natur des Körpers berechtigt zu seyn.

Versetzt man die kalt bereitete Auflösung mit salpetersaurem Silber, so sieht man deutlich die gelbe Färbung von Jodsilber neben einem dunkleren Körper; nach vollständiger Ausfällung hat der Niederschlag eine braune Farbe; Salpetersäure löst ihn mit Hinterlassung von Jodsilber, und die Flüssigkeit giebt, mit Ammoniak neutralisirt, braunes *fünftel-überjodsaures* Silber, welches, in Salpetersäure aufgelöst, beim Verdunsten gelbes $\text{Ag}^4 \text{J}^2 \text{O}^3 + 3\text{aq}$ oder rothes AgJO^4 liefert, die durch Wasser in bekannter Art umgewandelt werden.

Es ist also, wie mir scheint, aufser Zweifel, dafs der Glührückstand von halb-überjodsaurem Natron, nach der Einwirkung des Wassers wenigstens, sich wie Jodnatrium und ein *fünftel-überjodsaures Natron* verhält, d. h. dafs



ist.

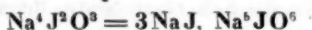
Unter dieser Annahme müssen 100 Th. des Körpers = 186,3 eines Gemenges = 89,5 AgJ und 97,8 $\text{Ag}^3 \text{JO}^6$ geben. Und wird dieses Gemenge durch Schmelzen in $\text{Ag}^3 \text{J}^4$ verwandelt, so mufs dies = 174,1 seyn.

Nun habe ich in der That von 100 Th. des Glührückstandes 184,6 Silberniederschlag erhalten, und durch Schmelzen reducirte er sich auf 172,5 und ein andermal auf 172,1 Th.

Diese Deutung wird durch das Verhalten der Auflösung des Glührückstandes gegen Barytsalze bestätigt.

Salpetersaurer Baryt bringt einen starken Niederschlag hervor, der alle Reactionen von basisch überjodsaurem Baryt zeigt; das barythaltige Filtrat giebt mit Silbersalzen reines Jodsilber.

Hiernach ist der Körper



4 Na = 92	= 23,35	= Na 8,76	} 57,11
2 J = 254	64,47	J 48,35	
3 O = 48	12,18	Na 14,59	} 42,89
394	100	Na 16,12 O 12,18	

Behandelt man das Pulver in einem verschlossenen Gefäß mit wasserfreiem Alkohol, so löst sich viel Jodnatrium auf. Als der mit Wasser verdünnte Auszug mit Silbersalz versetzt wurde, fiel AgJ nieder, entsprechend 53,27 J oder 9,65 Na = 62,9 NaJ, so wie ein wenig Ag^2O , = 1,98 Na^2O . Der in Alkohol unlösliche Theil war also im Wesentlichen Na^5JO^6 . Er löste sich in Wasser nicht ganz klar auf, und beim Verdunsten schied sich eine gewisse Menge $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^3 + 3\text{aq}$ aus, während die Flüssigkeit jodsaures und kohlen-saures Natron enthielt.

Wenn nun auch der durch Erhitzen von überjodsaurem Natron entstehende Körper als Jodnatrium und fünftelüberjodsaures Natron aufgefaßt werden kann, so hat es doch etwas Widerstrebendes, die Gegenwart eines in der Hitze (Glühhitze) beständigen Perjodats anzunehmen, und es könnte wohl seyn, daß jene Salze lediglich Producte einer Umsetzung bei Gegenwart von Wasser wären, die Substanz $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^3$ aber eine Verbindung von Jodnatrium mit einem Natriumsuperoxyd,



welches letztere mit $\frac{1}{2}$ des Jodnatriums zu der Atomgruppe Na^5JO^6 zusammentritt,



Ich erinnere daran, dafs auch Jodbaryum und Baryum-superoxyd in dieser Art aufeinander wirken, wie ich durch besondere Versuche gezeigt habe.

Dafs die wässerige Auflösung von $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^3$ vorübergehend Bleichkraft besitzt, schreibe ich dem aktiven Sauerstoff von Na^2O^3 zu. Dafs alle Säuren Jod abscheiden, erklärt sich leicht. Auch ich habe gefunden, dafs sie nach dem Erhitzen viel jodsaures Natron enthält, welches daraus krystallisiren kann, und erblicke darin nur noch einen weiteren Beweis für die Ansicht, dafs in ihr das Perjodat nicht präexistirt.

Die Zersetzung des überjodsauren Natrons und die Bildung des sauerstoffhaltigen Rückstandes erfolgt ohne Jodverlust. Das *halb-überjodsaure Lithion*, $\text{Li}^4\text{J}^2\text{O}^3 + 3\text{aq}$, verliert unter gleichen Umständen einen Theil Jod, und hinterläßt einen in Wasser fast unlöslichen Körper, der die Zusammensetzung Li^5JO^6 hat und der alle Reactionen eines überjodsauren Salzes zeigt. Auch er kann als $\text{LiJ} + 2\text{Li}^2\text{O}^3$ betrachtet werden, die in Auflösung sich zu dem fünftel Perjodat umsetzen. ²⁾

Verhalten des jodsauren Baryts (Strontians, Kalks) und des überjodsauren Baryts beim Glühen.

Jodsaurer Baryt.

Schon vor langer Zeit habe ich bewiesen ³⁾, dafs dieses Salz, das Strontium- und Calciumsalz beim Erhitzen Jod und Sauerstoff geben und Rückstände lassen, welche die Zusammensetzung $\text{R}^5\text{J}^2\text{O}^{13}$ haben, d. h. dafs $\frac{4}{5}$ des Jods und $\frac{3}{5}$ des Sauerstoffs frei werden. Die Salze wurden in

1) Der aus jodsaurem oder *normalem* überjodsaurem Natron entstehende Körper $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O}^3 = 3\text{NaJ} + \text{NaO}^2$ (oder $\text{Na}^4\text{J}^2\text{O} = 3\text{NaJ} + \text{NaO}$) hat, wie wir sahen, nicht die Eigenschaft, mit Wasser überjodsaures Salz zu bilden.

2) A. a. O. S. 388.

3) Diese Ann. Bd. 44, S. 577.

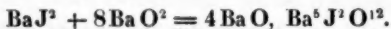
Porcellanröhren in starkem Kohlenfeuer geglüht, und die meisten Versuche mit dem Barytsalze angestellt.

Der gelbliche Glührückstand $\text{Ba}^5\text{J}^2\text{O}^{12}$ wird durch Wasser weifs; es löst sich dabei eine sehr kleine Menge Jodbaryum, aber kein Baryt auf. Durch Chlorwasserstoffsäure wird er unter starker Chorentwicklung mit gelber Farbe aufgelöst; in verdünnter Salpetersäure aber erfolgt ohne Gasentwicklung eine ungefärbte Auflösung. Sättigt man die Säure grossentheils durch Ammoniak, so schlagen Silbersalze braunschwarzes fünfteüberjodsaures Silber, Ag^5JO^6 , nieder. Uebersättigt man aber die salpetersaure Auflösung mit Ammoniak, so entsteht ein starker sehr voluminöser Niederschlag von basisch überjodsaurem Baryt, während das Filtrat Baryt enthält.

Ich habe damals die Ansicht gehabt, der Glührückstand des jodsauren Baryts sey fünfte überjodsaurer Baryt, $\text{Ba}^5\text{J}^2\text{O}^{12}$, entsprechend seinen Reaktionen. Allein immer hatte die Bildung und Erhaltung eines Perjodats in so hohen Temperaturen etwas Unwahrscheinliches, und konnte mit der vorübergehenden Bildung des Kalium-Perchlorats aus chlorsaurem Kali nicht wohl verglichen werden. Aus diesem Grunde hob ich schon damals eine zweite Ansicht über die Natur des Glührückstandes hervor, die nämlich, dafs er aus Jodbaryum und einem Baryumsuperoxyd BaO^3 bestehe,



und ich zeigte, dafs ein Gemenge von BaJ^2 mit dem gewöhnlichen BaO^2 zwar nicht an und für sich, wohl aber nach vorgängigem schwachem Glühen die Eigenschaften jener Glührückstände besitzt, in salpetersaurer Auflösung sich wie überjodsaurer Baryt zu verhalten.



Nach den jetzt vorliegenden Erfahrungen ist es heute nicht mehr zweifelhaft, dafs diese Ansicht die allein annehmbare ist, dafs beim Glühen von jodsaurem Baryt etc. Jodbaryum und ein Trioxyd BaO^3 entstehen, und dafs beide

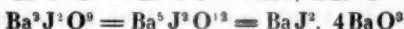
auf nassem Wege sich zu fünftel überjodsaurem Baryt umsetzen.

Ueberjodsaurer Baryt.

Das wasserhaltige Halb-Perjodat $\text{Ba}^2\text{J}^2\text{O}^9$, welches bei 240° wasserfrei wird, verliert in höherer Temperatur zuerst einen Theil Sauerstoff, während eine gewisse Menge jodsaurer Baryt entsteht, der beim Behandeln mit verdünnter Salpetersäure ungelöst bleibt. Bei weiterem stärkerem Erhitzen tritt neben dem Sauerstoff viel freies Jod auf, und nach längerem Glühen bleibt ein Rückstand, welcher dem aus jodsaurem Baryt ganz gleich ist, $\text{Ba}^5\text{J}^3\text{O}^{12}$.

Ganz ebenso verhält sich das durch Ammoniak gefällte Zweifünftel-Perjodat.¹⁾

Man sieht also, daß die Perjodate von $\text{Ba}(\text{Sr}, \text{Ca})$ und von Li sich vollkommen analog in der Hitze verhalten.



Verhalten des Jods zu Baryt und Baryumsuperoxyd.

Gay-Lussac sagt, Baryt gebe in Joddämpfen Jodbaryt, welcher in starker Hitze das Jod wieder verliere.

Da die Einwirkung des Jods auf den Baryt seitdem niemals untersucht zu seyn scheint, und die Natur des Produkts wohl der Erforschung werth ist, so habe ich den Versuch wiederholt, allein ich muß gestehen, daß es mir unmöglich war, reinen Baryt anzuwenden. Zwar führt der Glührückstand des Nitrats (in Porzellanretorten), jene graue poröse Masse, den Namen Baryt, ist aber wohl niemals genauer untersucht worden. Ich habe wenigstens in zwei zu ganz verschiedenen Zeiten dargestellten Proben eines solchen Aetzbaryts, der nur Spuren von Si und Al enthielt, 86,26 und 86,36 Proc. Ba anstatt 89,54 gefunden, eine Constanz, welche nicht sowohl an ein Gemenge von BaO und BaO^2

1) S. diese Ann. Bd. 134, S. 398.

als vielmehr an eine feste Verbindung $\text{Ba}^3\text{O}^4 = 2\text{BaO} + \text{BaO}^2$ oder $\text{BaO} + \text{Ba}^2\text{O}^3$ denken läßt, die 86,5 Proc. Ba enthalten muß.

Da wiederholtes Glühen den Ba-Gehalt nicht erhöhte, so weiß ich in der That kein Mittel, reinen Baryt zu erhalten, und habe die Versuche mit Ba^3O^4 angestellt.

Mengt man das Pulver mit überschüssigem Jod und erhitzt die Mischung gelinde in einen langhalsigen Kolben, so tritt eine lebhafte Reaction ein, die Masse schmilzt, kocht, es entweicht viel Jod, und wenn man dann die Hitze verstärkt und das freie Jod fortreibt, so bleibt eine zusammenhängende gelbliche Masse.

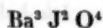
Wird diese mit Wasser behandelt, so wird sie weiß; der alkalische Auszug enthält H^2BaO^2 und BaJ^2 ; der unlösliche Theil aber löst sich in Salpetersäure (unter schwacher Gelbfärbung) auf, und diese Auflösung verhält sich wie der Glührückstand von jodsaurem oder überjodsaurem Baryt, wie $\text{Ba}^3\text{J}^3\text{O}^{12}$, was sein Verhalten zu Silbersalzen, zu Ammoniak etc., d. h. die Gegenwart der Ueberjodsäure, betrifft.

	I.	II.	III.
100 Th. Ba^3O^4 lieferten:	147,1	151,7	151,2

100 Th. des Produkts enthalten:

	I.	II.	III.
nach direkter Analyse:	Ba 57,44	57,39	56,86
	J 30,68		33,51
nach der Synthese berechnet:	Ba 58,6	56,8	57,0
	J 32,0	34,1	33,8

Hieraus folgt als einfachste Annahme, dafs es



ist,

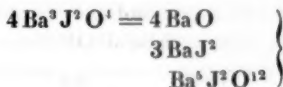
3Ba = 411	= 56,38
2J = 254	34,84
4O = 64	8,78
729	100.

100 $\text{Ba}^3\text{O}^4 = 153,5$.

Es wurde dann in dem wässrigen Auszuge die Menge des Jods im Jodbaryum durch Silbersalz bestimmt.

	i.	ii.	iii.
Jod	25,5	26,35	26,3
= Ba J ²	39,66	40,56	40,5.

Dies ist $\frac{3}{4}$ des gesammten Jodgehalts, so daß die Reaction des Wassers auf das Ba²J²O⁴ durch die Gleichung



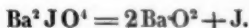
bezeichnet wird, wonach erhalten werden muß

Ba 18,81	}	21,00 BaO	} Im Wasserauszug	
O 2,19				
Ba 14,09	}	40,22 BaJ ²		
J 26,13				
Ba 23,49	}	38,78 Ba ⁵ J ² O ¹² als Rückstand.		
J 8,71				
O 6,58				
100.				

Um das Verhalten des Jods zu *Barymsuperoxyd* BaO² kennen zu lernen, wurde letzterer aus dem Ba²O⁴ in einem Sauerstoffstrom dargestellt. Es enthielt 80,28 Proc. Ba (berechnet 81,06), war also als BaO² zu betrachten.

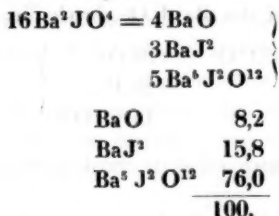
Die Erscheinungen waren ganz dieselben wie vorher, es wird kein Sauerstoff frei; 100 Th. BaO² gaben einmal 139, ein anderes Mal 138,9, ein drittes Mal 142,6 Th. des Produkts, und das Verhalten desselben gegen Wasser usw. stimmte ebenso vollständig mit dem zuvor beschriebenen überein.

Die Menge der Jodverbindung und das außerdem ermittelte Verhältniß von Ba und J berechnen zu der Annahme, sie sey



			Gefunden	
			I.	II.
2 Ba	274 =	58,92	56,9 (57,76)	58,05 (56,3)
J	127	27,31		26,36
4 O	64	13,77		
	<u>465</u>	<u>100.</u>		

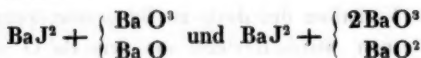
Das Verhalten zum Wasser drückt die Gleichung aus:



Der directe Versuch gab 19,3 Proc. Jodbaryum.

Die aus der Wirkung des Jods auf $\text{Ba}^2 \text{O}^4$ und auf BaO^2 entstehenden Körper $\text{Ba}^3 \text{J}^2 \text{O}^4$ und $\text{Ba}^2 \text{JO}^4$ darf man gewiss nicht als Verbindungen der Oxyde mit Jod betrachten, sondern als

$\text{BaJ}^2 + \text{Ba}^2 \text{O}^4$ und $\text{BaJ}^2 + \text{Ba}^3 \text{O}^8$,
oder vielleicht als



und annehmen, dafs das Wasser darauf ebenso einwirke, wie auf das zuvor erhitzte Gemenge von BaJ^2 und BaO^3 , d. h. dafs BaJ^2 auf 4BaO^3 einwirkt und $\text{Ba}^5 \text{J}^2 \text{O}^{12}$ erzeugt.

Es ist bemerkenswerth, dafs reiner Kalk unter gleichen Umständen nur sehr wenig Jod aufnimmt ($100 \text{CaO} = 102,9 - 103,1$ des Products).

XII. Ueber Bildung und einige Reactionen der Perjodate; von J. Philipp.

Bei Gelegenheit der Arbeiten des Hrn. Prof. Rammelsberg über die Perjodate habe ich einige Versuche unternommen, in der Absicht, die Vorgänge bei der Bildung der Perjodate aus den Jodaten mittelst Chlor näher kennen zu lernen, da ich wiederholt die Beobachtung gemacht hatte, daß niemals die theoretische Ausbeute erzielt werden konnte. Die Bildung des normalen Kaliumperjodats wird gewöhnlich durch folgende Gleichung:



ausgedrückt. Darnach müßte 1 Molekül Kaliumjodat genau 1 Molekül Perjodat liefern, d. i. 100 Theile von jenem, 107 Theile von diesem Salze, und es dürfte außerdem nur noch Chlorkalium in der Flüssigkeit enthalten seyn. Dieß Resultat läßt sich jedoch nicht erreichen. Es bildet sich stets Kaliumchlorat und selbst bei Anwendung eines Ueberschusses von Kali findet sich stets in den Krystallanschlüssen noch eine gewisse Menge von Jodat. Hr. Prof. Rammelsberg fand, daß in einem solchen Falle nur etwa 64 Proc. des Jodats in Perjodat verwandelt wurden, was etwa $\frac{4}{7}$ der berechneten Menge entspricht. Bei mehreren Versuchen, die ich selbst nach dieser Richtung anstellte, fand ich, als ich genau 2 Mol. Kali anwandte, nur etwa 48 Proc. und bei Anwendung von 3 Mol. Kali etwa 62 Proc. der theoretischen Ausbeute. Besonders aber erhielt ich bei der Darstellung des fast unlöslichen basischen Natriumperjodats bedeutend unter einander abweichende Resultate, so daß zwar bei Darstellung größerer Mengen nahezu die theoretische Ausbeute, bei der kleineren Mengen aber häufig kaum der vierte Theil erhalten wurde. Dieß veranlaßte mich, die gegenseitige Wirkung der Körper, die hier auftreten, näher zu studiren, wobei ich mein Augenmerk auch

auf einige Reactionen der Perjodate, die sich unmittelbar anschließen, richtete.

Wirkung von Chlor und Jod auf die neutralen Perjodate der Alkalimetalle.

Chlor wirkt auf die Lösungen der neutralen Perjodate weder in der Kälte, noch bei Siedehitze ein, was sich schon aus der Darstellungsmethode derselben ergibt. Ebenso wenig findet eine Einwirkung statt, wenn man Jod mit den Lösungen der neutralen Perjodate kocht. Wenn man dagegen Jod mit diesen Lösungen auf 160° erhitzt, so wird dasselbe zu Jodsäure oxydirt, während die Perjodate zu Jodaten reducirt werden. Eigenthümlich ist es, daß keine Bildung von saurem Jodat, wie man erwarten sollte, stattfand, sondern stets aus den Lösungen zunächst das neutrale Jodat krystallisirte, während die Mutterlauge freie Jodsäure enthielt. Erwähnung verdient ferner bei dieser Gelegenheit, daß die Lösungen der Perjodate, die überhaupt nach den Beobachtungen des Hrn. Prof. Rammelsberg 1 Atom Sauerstoff nur locker gebunden enthalten und beim Stehen an der Luft Ozon entwickeln, bei einer Temperatur von 160° und darüber starke Oxydationsmittel sind, so daß Mangan- und Wismuthverbindungen durch sie höher oxydirt werden.

Einwirkung von Chlor und Jod auf die basischen Perjodate der Alkalimetalle.

Von allgemeinerer Bedeutung ist das Verhalten des Chlors und Jods gegen die basischen Perjodate. Wenn man basisches Natriumperjodat mit Wasser kocht und durch die Flüssigkeit während des Siedens Chlor leitet, so erhält man nach einiger Zeit eine Lösung, die neutrales Natriumperjodat, Chlornatrium und chlorsaures Natron enthält. Die Wirkung des Chlors auf das leicht lösliche basische Kaliumperjodat ist ähnlich; es schlägt sich das schwerer lösliche neutrale Salz nieder unter gleichzeitiger Bildung von Chlorkalium und Kaliumchlorat. Der Vorgang, den ich bei dem

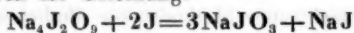
Kaliumsalze genauer verfolgt habe, wird durch die Gleichung:



ausgedrückt. Um die Richtigkeit derselben nachzuweisen, wurde in die Lösung von 2,6508 Gr. $K_4J_2O_9 + 9H_2O$ Chlor bis zur Sättigung geleitet und dieselbe behufs Verjagung des freien Chlors anhaltend gekocht. Es schieden sich nach dem Erkalten der Flüssigkeit 1,3494 KJO₄ aus. Das Filtrat wurde auf 100 CC. verdünnt und in je 50 CC. die Menge des überjodsauren Kalis und Chlorkaliums bestimmt. Zur Bestimmung der geringen Menge Ueberjodsäure verfuhr ich nach einer Methode, die ähnlich der von Hrn. Rammelsberg in diesen Annalen Bd. CXXXV angegebenen ist. Es wurde nämlich der durch Ammoniak und Chlorbaryum entstehende Niederschlag abfiltrirt, mit Jodkalium und sehr verdünnter Schwefelsäure zersetzt und das ausgeschiedene Jod, das die achtfache Menge des gesuchten beträgt, nach der Bunsen'schen Methode mit unterschwefligsaurem Natron titirt. Das Chlorkalium wurde durch Fällung mit Silbernitrat und Behandlung des Niederschlags mit verdünnter Salpetersäure in Chlorsilber verwandelt. Es wurden auf diese Weise bei mehreren Versuchen 1,4932 Gr. und 1,5291 Gr. KJO₄ ferner bei 4 Versuchen 0,94 — 0,968 — 1,012 — 1,022 Ag Cl erhalten. Hieraus berechnet sich das Molekularverhältniß von $K_4J_2O_9 + 9H_2O : KJO_4 = 1 : 1,8$ statt 1 : 2, und das Verhältniß von $K_4J_2O_9 + 9H_2O : Ag Cl = 1,8$ oder 1 : 1,9 statt 1 : 1,66. Die Unterschiede in den berechneten und gefundenen Werthen sind nicht so groß, daß sie nicht die durch die angeführte Gleichung bedingten Verhältnisse erkennen lassen.

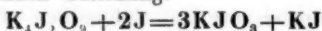
Scheinbar eine ganz andere ist die Einwirkung von Jod auf die basischen Perjodate. Basisch überjodsaures Natron, mit Wasser und Jod gekocht (schon in der Kälte findet Einwirkung statt, jedoch nur äußerst langsam), giebt eine Lösung, die nur Natriumjodat und Jodnatrium enthält. Um die Menge des gebildeten Jodats zu erfahren, wurden 0,2562 $Na_4J_2O_9 + 3H_2O$ mit Wasser und Jod gekocht, bis

eine farblose Lösung entstand. Dieselbe wurde mit vielem Wasser verdünnt, mit Jodkalium und verdünnter Schwefelsäure versetzt, worauf die Menge des ausgeschiedenen Jods durch Titriren mit unterschwefligsaurem Natron ermittelt wurde. Es hatten sich 1,104 Gr. Jod ausgeschieden, deren sechster Theil 0,184 Gr. der Jodsäure angehört. Ebenso ergaben in einem andern Falle 0,1008 $\text{Na}_4\text{J}_2\text{O}_9 + 3\text{H}_2\text{O}$ ebenso behandelt 0,069 J (der Jodsäure angehörig). In beiden Fällen ist das Molekularverhältniß von $\text{Na}_4\text{J}_2\text{O}_9 + 3\text{H}_2\text{O} : \text{NaJO}_3$ wie 1 : 3 und es wird daher die obige Reaction durch die Gleichung:



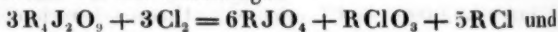
ausgedrückt.

Analog verhält sich Jod gegen das basische Kaliumperjodat, 0,0728 Gr. $\text{K}_4\text{J}_2\text{O}_9 + 9\text{H}_2\text{O}$ gaben, ebenso wie das Natriumsalz behandelt, 0,0384 J und 0,2646 Grm. $\text{K}_4\text{J}_2\text{O}_9 + 9\text{H}_2\text{O}$ gaben 0,1441 J. Auch hier ist in beiden Fällen das Molekularverhältniß von $\text{K}_4\text{J}_2\text{O}_9 + 9\text{H}_2\text{O} : \text{KJO}_3 = 1 : 3$. Die Reaction findet also auch bei dem Kaliumsalze nach der entsprechenden Gleichung:

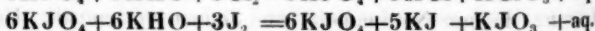
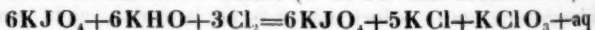


statt.

Wenn wir die Gleichungen



vergleichen, so ist weder ein Grund für jede einzelne dieser so eigenthümlichen Reactionen ersichtlich, noch läßt sich eine Analogie in dem Verhalten von Chlor und Jod gegen die basischen Perjodate erkennen. Vollkommen klar wird aber das Verhältniß, wenn man den basischen Perjodaten die Formel $\text{RJO}_4 + \text{RHO}$ giebt. Alsdann wirkt das Chlor, resp. Jod nur auf das Alkali in der bekannten Weise ein und es bilden sich zunächst (z. B. bei dem Kaliumsalze):



Bei der Einwirkung von Chlor bleibt die Zersetzung in diesem Stadium stehen; bei der Zersetzung durch Jod ist

dies nicht möglich, weil Jodkalium und Kaliumperjodat nicht neben einander in Lösung bestehen können, eine Beobachtung, die zuerst von H. Rose gemacht worden ist.

Wenn man nämlich die Lösungen von Kalium- oder Natriumperjodat und Jodkalium mischt, so scheidet sich Jod aus. Nimmt man einen Ueberschufs des überjodsauren Alkalis, so wird sämtliches Jodkalium zerstört und es bildet sich Jodsäure; nimmt man dagegen einen Ueberschufs von Jodkalium, so ist in der Auflösung immer noch Kaliumperjodat, ferner Kaliumjodat und Jodkalium (in welchem letzteren Jod aufgelöst ist) enthalten. Nach mehrtägigem Stehen wird jedoch die Ueberjodsäure zerstört und es findet sich alsdann nur noch Kaliumjodat und Jodkalium in der Lösung. Die Mengen Jod, die sich hierbei anscheiden, sind wechselnde. Diese eigenthümliche Reaction erklärt sich leicht aus dem Umstande, dafs die Lösungen der neutralen Perjodate, wenn sie längere Zeit gestanden haben, stark nach Ozon riechen und sich, wenn auch äufserst langsam, im Jodate verwandeln, es ist jedoch anzunehmen, dafs diese Zersetzung bedeutend beschleunigt wird, wenn Körper wie Jodkalium zugleich zugegen sind, die das gebildete Ozon aufnehmen. Hierdurch wird namentlich auch die allmählich eintretende Zersetzung bei Anwendung eines Ueberschusses von Jodkalium erklärt. Kocht man das Gemenge der Lösungen, so löst sich das etwa ausgeschiedene Jod mit der größten Leichtigkeit wieder auf und die Flüssigkeit entfärbt sich (bei einem Ueberschufs von Jodkalium bleibt sie schwach gelblich gefärbt). Ebenso findet, wenn man die kochende Lösung eines Perjodates mit der von Jodkalium mischt, keine Jodausscheidung statt; indessen tritt eine glatte Zersetzung ein. Bei einem Ueberschufs von Jodkalium wird sämtliche Ueberjodsäure und bei einem Ueberschufs von Perjodat sämtliches Jodkalium zerstört, so dafs die Flüssigkeit bei einem bestimmten Verhältnifs beider angewandten Salze nur Kaliumjodat enthält.

Es wurden 3,1018 Gr. KJO_4 in möglichst wenig kochendem Wasser gelöst und zu der kochenden Lösung so lange

aus einer Burette von einer Jodkaliumlösung, die in 500 CC. 2,2228 Gr. KJ enthielt, zugesetzt, bis die gelbe, sofort wieder verschwindende Färbung sich nicht mehr zeigte; es wurden 170 CC. gebraucht, die 0,7558 Gr. KJ enthalten.

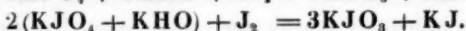
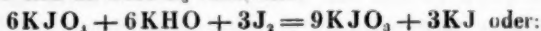
1,3654 Gr. KJO_4 ebenso behandelt, erforderten 21 CC. einer Jodkaliumlösung, die in 500 CC. 7,5364 Gr. KJ enthielt, also: 0,3165 KJ.

2,0508 Gr. KJO_4 mit derselben Jodkaliumlösung behandelt, erforderten 32,8 CC. derselben. In allen drei Fällen ist das Molekularverhältniß des KJO_4 zum KJ wie 1:3, so daß die Umsetzung von Kaliumperjodat und Jodkalium nach der Gleichung:



vor sich geht. ¹⁾

Bei der Einwirkung des Jods auf basisches Kaliumperjodat muß also das gebildete Jodkalium auf das Perjodat einwirken und es ergiebt sich alsdann, da 6KJO_4 und 2KJ sich zu 8KJO_3 umsetzen:



- 1) Ebenso verbinden sich Kaliumperjodat und Jodkalium, wenn man sie trocken zusammenreibt und schwach erwärmt, unter Feuererscheinung zu Kaliumjodat. Die überchlorsauren und überjodsauren Salze können nicht nach derselben Methode dargestellt werden. Das Kaliumperchlorat kann man nicht nach der zur Darstellung des Kaliumperjodats benutzten Methode erhalten, weil der bei der Einwirkung von Chlor auf KHO freiwerdende Sauerstoff, der sowohl mit Chlorkalium als mit Kaliumchlorat in Berührung kommt, jedenfalls zunächst das erstere oxydiren würde. Aus demselben Grunde kann auch bei der Einwirkung von Jod auf ein Gemenge von KJO_3 und KHO kein Perjodat entstehen. Andererseits ist der Grund, warum man durch Glühen der Jodate der Alkalimetalle keine Perjodate erhält, entweder in der leichten Zersetzbarkeit der letzteren bei höheren Temperaturen oder in der obigen Reaction zu suchen (welche beiden Eigenschaften der Perjodate sich wohl auf dieselbe Quelle zurückführen lassen). Die Perbromate lassen sich weder auf trockenem, noch auf nassem Wege nach einer der für die Darstellung der Perjodate oder Perchlorate benutzten Methoden erhalten, weil sich hier wahrscheinlich die angeführten Gründe für die Nichtanwendbarkeit der einen oder andern Methode combiniren.

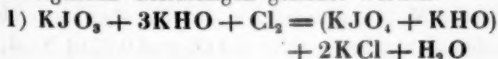
Auf diese Weise erklärt sich einfach das scheinbar so verschiedene Verhalten von Chlor und Jod gegen die basischen Perjodate.

Folgerungen für die Bildung der Perjodate.

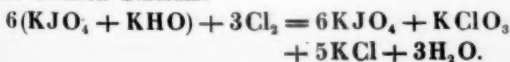
Die im Vorhergehenden beschriebenen Reactionen der Perjodate geben einigen Anhalt zur Erklärung der bei der Bildung der Perjodate beobachteten Erscheinungen.

Zunächst wird durch die Einwirkung des Chlors auf das basische Natriumperjodat der Umstand erklärt, dass bei der Darstellung derselben in vielen Fällen eine so geringe Ausbeute erzielt worden. Es ergibt sich daraus die Regel, dass man einen Ueberschuss von Chlor vermeiden oder, wenn dieser vorhanden ist, aus dem Filtrat durch Kochen mit kaustischem Natron den Rest des Perjodats ausfällen muss. Da die Umwandlung des basischen Perjodats in lösliches neutrales nur ziemlich langsam und schwierig vor sich geht, wird bei der Darstellung im Grofsen die Gränze auch ohne besondere Vorsichtsmafsregeln leichter erreicht werden, als bei der kleineren Mengen, wie das sich auch bei den angestellten Versuchen ergeben hat.

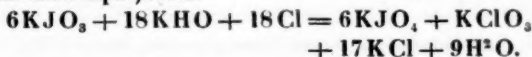
Während man bei der Darstellung des Natriumperjodats daher stets mit Leichtigkeit das basische Salz erhält, bildet sich bekanntlich bei der des Kaliumsalzes stets das neutrale. Als einziger Grund für dies abweichende Verhalten wird die verschiedenartige Löslichkeit der Perjodate der Alkalimetalle angegeben. Es findet jedoch wohl eine umfassendere Erklärung in der Annahme, dass sich auch bei der Bildung des Kaliumsalzes zunächst das basische Salz bildet, das erst durch einen Ueberschuss von Chlor nach der oben angeführten Gleichung in das neutrale verwandelt wird. In diesem Falle würde das neutrale Kaliumperjodat nach folgenden Gleichungen gebildet werden:



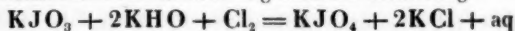
und im zweiten Stadium:



Combiniren wir diese beiden Gleichungen, so erhalten wir folgende ziemlich complicirte Bildungsgleichung des neutralen Kaliumperjodats:



Während nach der früher angeführten Gleichung



auf 1 Mol. KJO_3 nur 2 Mol. KHO nothwendig sind, damit es vollständig in KJO_4 verwandelt werde, erfordert diese Gleichung 3 Mol. KHO und es können, wenn 2 Mol. angewandt werden, nur $\frac{2}{3}$ des Jodats in Perjodat verwandelt werden.

Um die Richtigkeit dieser Betrachtung zu prüfen, wurde zunächst die Nothwendigkeit der Anwesenheit von freiem Kali überhaupt constatirt. Wenn man in eine Auflösung von Kaliumjodat ohne Zusatz von freiem Kali Chlor leitet, so bildet sich zwar etwas Perjodat, jedoch nur äußerst wenig, so daß nach einer Bestimmung, die Hr. Prof. Rammeisberg ausführte, nur etwa 3,6 Proc. des Jodats in Perjodat verwandelt wurden.

Es wurden ferner verschiedene Mengen Kaliumjodat mit 2 oder 3 Mol. Kali versetzt und durch die Lösung bei Siedehitze Chlor im Ueberschuß geleitet. Die Lösungen wurden alsdann, um das freie Chlor zu entfernen, im Wasserbade zur Trockniß eingedampft. Die Masse, mit kaltem Wasser behandelt, liefs Kaliumperjodat zurück, das gewogen wurde. Aus dem Filtrat wurde, nachdem es durch Abdampfen auf ein geringes Volumen gebracht worden, durch Kochen mit kaustischem Natron basisches Natriumperjodat gefällt.

Um vergleichbare Resultate zu erhalten, wurden nahezu immer dieselben Wassermengen genommen. Es ergab sich folgendes: 2,235 KJO_3 mit 11 CC. KHO (1 CC. = 0,125 KHO) d. i. 3 Mol. vermischt und auf die eben angeführte Weise behandelt, gaben 1,4286 KJO_4 und 0,0713 $\text{Na}_2\text{J}_2\text{O}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$. Daraus berechnen sich 1,4889 Gr. KJO_4 etwa 62 Proc. der theoretischen Ausbeute.

1,7138 Gr. KJO_3 mit 7,1 CC. derselben Kalilösung (2 Mol.) vermischt, ergaben 0,7026 KJO_4 und 0,2084 Gr. $\text{Na}_4\text{J}_2\text{O}_6 + 3\text{H}_2\text{O}$. Diefs giebt zusammen 0,8873 Gr. KJO_4 = 18 Proc. der theoretischen Ausbeute.

Man sieht, dafs im zweiten Falle bei Anwendung von nur 2 Mol. KHO , der Annahme entsprechend, bedeutend weniger Perjodat, als bei Anwendung von 3 Mol. KHO erhalten wurde. Es bleibt jedoch noch immer unerklärt, warum selbst bei einem gröfseren Ueberschusse von Kali eine so verhältnifsmäfsig geringe Ausbeute erhalten wurde.

Die Annahme, dafs 3 Mol. Kali nothwendig sind zur Ueberführung des Kaliumjodates in Perjodat, wird bestätigt durch das beständige Auftreten von Kaliumchlorat (selbst wenn man nur eine geringe Menge Kali genommen hat). Sie erklärt ferner wenigstens zum Theil die geringe Ausbeute an Perjodat in den Fällen, wo man nur 2 Mol. Kali genommen hat und führt die scheinbar so verschiedenen Vorgänge bei der Bildung der Perjodate des Kaliums und Natriums auf ein und dieselbe Ursache zurück. Es werden in beiden Fällen zunächst die basischen Salze gebildet und erst durch weitere Einwirkung des Chlors und zwar in beiden Fällen die normalen. Selbstverständlich geht die Ueberführung des leicht löslichen basischen Kaliumperjodats in normales schwerer lösliches mit der gröfsten Leichtigkeit vor sich, während zur Umwandlung des basischen Natriumperjodats in neutrales wegen seiner Schwerlöslichkeit anhaltendes Durchleiten von Chlor und Siedehitze erforderlich ist, so dafs die Zersetzung im ersten Falle bis zum zweiten Stadium vordringt, während sie im zweiten Falle gern im ersten Stadium stehen bleibt.

**XIII. Ueber den Meteoriten von Krähenberg,
gefallen am 5. Mai 1869;
von G. vom Rath in Bonn.**

Am genannten Tage, gegen 6 Uhr Abends, stürzte in der Nähe des Dorfs Krähenberg, zwischen Landstuhl und Zweibrücken, in der bairischen Pfalz, ein Stein vom Himmel herab. Der Niederfall soll nach der Angabe von Augenzeugen aus einer kleinen Wolke, mit einer einem Donner- schlage ähnlichen Detonation erfolgt seyn. Zwei Knaben, welche den Stein in ein Ackerfeld fallen sahen, eilten sogleich zur Stelle und gruben denselben aus dem etwa drei bis vier Fufs tiefen, fast senkrechten Loche hervor, welches er im Niederfallen gebildet hatte. Der Meteorit war noch warm, doch nicht heifs, als ihn die Knaben hervorwühlten und ins Dorf brachten. Hier wurde derselbe von dem Besitzer des Ackers und Anderen, zunächst als ein unheimlicher Gegenstand betrachtet, und die Annahme verweigert. So blieb der Stein einige Tage im Hause des Schullehrers, während welcher Zeit der Werth des seltenen Projektils den Bauern so gut bekannt wurde, dafs es, wie man sagt, der Androhung von Gewalt bedurfte, als die Behörde den Stein zunächst nach Speier bringen liefs, woselbst er sich noch befindet.

Im Gegensatze zu den Fällen von Pultusk¹⁾ (30. Jan. 1868) und Aerno bei Hefsle, Schweden (1. Jan. 1869), welche ganze Steinregen zur Erde schleuderten, fiel zu Krähenberg nur ein einziger Stein, also ähnlich wie zu Linum (5. Sept. 1854) und anderen Orten.

Dafs der Krähenberger Meteorit einen einzelnen planetarischen Körper bildete, verräth sich auch durch seine Gestalt, welche die eines abgeplatteten Sphäroïds (oder einer dicken Scheibe) ist. Dasselbe besitzt eine mehr ebene Basis oder Rückenseite und eine gewölbte Ober- oder Brust- (Stofs-) seite. Der Scheitel dieser Wölbung liegt nicht central, sondern etwas excentrisch. Der Umrifs der Basis des Meteorits ist eine Ellipse, deren im Allgemeinen ziemlich regelmäfsig gerundete Peripherie nur an einer Seite

1) Vergl. »Die Meteoriten von Pultusk« von G. vom Rath, in der Festschrift der niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde, S. 135 bis 161. Bonn bei Marcus, 1868.

durch Brüche verletzt ist. Der große Durchmesser der elliptischen Basis mißt 29 Centim., der kleine 22 Centim.; die Dicke des Steins oder die Höhe des Scheitels über der Basis beträgt 15 bis 17 Centm.; das Gewicht wird auf etwa 30 Pfund angegeben, nachdem ein Zehntel der Masse abgeschlagen wurde. Eine besondere Merkwürdigkeit dieses Meteoriten besteht in den zahlreichen furchenähnlichen Löchern, welche sich vielfach zu Rinnen verlängern oder an einander reihen, und dicht gedrängt von dem mehr glattflächigen hohen Scheitel nach dem peripherischen Rande ausstrahlen. Die Tiefe dieser Furchen oder Rinnen, welche durch meist nur schmale Rücken getrennt werden, beträgt bis 8 Mllm. Diese merkwürdige, auf die Brustseite beschränkte, Oberflächenbeschaffenheit des Steins, wenn gleich ihre Schilderung an die bekannten Schmelzgräthe erinnert, betrifft den Körper des Meteoriten selbst und erklärt sich nicht wie jene feinen linearen Wülste der geschmolzenen Oberfläche durch die schnelle Bewegung des Meteoriten. Derselbe ist mit Ausnahme einiger Bruchflächen des Randes, welche theils beim Niederfallen, theils durch Abschlagen entstanden, vollständig mit einer schwarzen, ungefähr 1 Mllm. dicken Schmelzrinde bedeckt. Sie ist zuweilen fast schaumig aufgebläht, etwas dicker als auf den Pultusker Steinen, und verräth eine mehr gleichartige Schmelzung der Oberfläche als bei letzteren. So kann man durch genaue Betrachtung und Vergleichung der schwarzen Oberflächen schon erkennen, daß der pfälzische Stein viel weniger gediegen Eisen enthält als die polnischen. Die Schmelzrinde ist nicht völlig gleichartig, indem sich außer der vorherrschenden schwarzen, auch röthlich braune Färbung zeigt. Diese Verschiedenheit im Farbentone der Rinde, welche auch bei den pultusker Meteoriten sich findet, deutet auf eine verschiedene Intensität der auf die Oberfläche wirkenden Schmelzhitze, welche durch die wechselnde Lage des Steins in seiner tellurischen Bahn sich auf den verschiedenen Seiten desselben ungleich äußern mußte.

Die obigen Mittheilungen über den Fall und die allgemeine Form des Steins verdanke ich den gefälligen Aufsehrungen der HH. Siegmund und Dr. Weifs, von denen der erstere den Meteoriten noch am Fallorte, letzterer in Speier sah. Beide Herren hatten die Güte, mir sowohl die von ihnen gefertigten Zeichnungen des Steins zu zeigen, als auch einige kleine Fragmente desselben zur mineralogi-

schen und chemischen Untersuchung mitzutheilen. Ein etwas größeres Stück, welches die eigenthümlich furchige Beschaffenheit der mit schwarzem Schmelz bedeckten Oberfläche deutlich zeigt, gelangte in den Besitz des Hrn. Dr. Krantz, welcher dasselbe in der Pfingstversammlung des naturhistorischen Vereins für Rheinland-Westphalen zu Hamm vorzeigte.

Der Krähenberger Meteorit gehört zu der häufigsten Abtheilung der Steinmeteoriten, den Chondriten, G. Rose's, welche in einer vorzugsweise aus Magnesiasilicaten bestehenden Steinmasse, Körnchen von Nickeleisen enthalten und besonders durch kleine Kugeln, welche sich aus der Grundmasse herauslösen, charakterisirt sind. Bekanntlich besitzen manche Chondrite, oder wenigstens einzelne Theile derselben einen wahrhaft oder scheinbar breccienartigen Charakter. So stellte die Fig. 9 Taf. IV in der oben citirten, den Pultusker Meteoriten gewidmeten Arbeit ein ausgezeichnetes Beispiel einer Pseudobreccie dar. Krähenberg läßt hingegen wirkliche dunkle Einschlüsse in einer mehr lichten Grundmasse wahrnehmen, wie ich es besonders deutlich an einem im Besitze des Hrn. Dr. Weifs befindlichen Fragmente wahrnahm. Es zeigt sich folgender wesentlicher Unterschied zwischen den Chondriten und den plutonisch-vulkanischen Gesteinen, die sey es mit bloßem Auge oder erst mit Hülfe des Mikroskops erkennbaren krystallinischen Gemengtheile der letzteren haben sich in und aus dem Gesteinsmagma gebildet oder vergrößert. Sie sind zuweilen unmittelbar verbunden, häufiger durch Steinmutterlauge, welche auch (wie Prof. Zirkel nachgewiesen) in den verschiedenen krystallisirten Gemengtheilen des Gesteins eingeschlossen ist. Die Chondrite stellen sich hingegen wesentlich als Agglomerate dar. Je genauer man diese räthselhaften Steine mit der Lupe untersucht, um krystallinische Gemengtheile zu erfassen und zu bestimmen, um so mehr muß man sich überzeugen, daß die Hauptmasse des Steins aus kleinen und kleinsten sphärischen Körnchen agglomerirt ist. Diefs bewahrheitet sich auch unter dem Mikroskop bei Untersuchung der übrigens nur schwierig herzustellenden, durchscheinenden Plättchen. An einer überaus dünnen, von dem Optiker Hrn. Möller in Gießen verfertigten (von der großen Geschicklichkeit des Künstlers in ähnlichen Arbeiten rühmliches Zeugniß ablegenden) Pultusker Platte, welche mir durch Hrn. Prof. Buchner verehrt

wurde, bemerkt man vortrefflich, daß der Stein nicht aus in einander gefügten Krystallen, sondern in seiner Hauptmasse aus allerkleinsten, neben einander liegenden runden Körnchen besteht. Auch diese sind krystallinisch, denn sie geben lebhaftere Farben bei Anwendung von polarisirtem Lichte. Zwischen diesen sphärischen Bildungen fehlen größere krystallinische Partien nicht, doch auch diese zeigen stets Neigung zu gerundeten Umrissen, selten geradlinige Umgränzung. So erläutert die mikroskopische Betrachtung die befremdliche Thatsache, daß man in den Chondriten, welche doch zum großen Theile aus Olivin bestehen, selten, ja beinahe nie einen wohlausgebildeten Krystall dieses doch so leicht krystallisirbaren Minerals wahrnimmt. Jener Unterschied in der Structur zwischen Chondriten und tellurischen Gesteinen scheint die Ansicht des hochverdienten Hrn. von Haidinger über diese kosmischen Körper durchaus zu bestätigen. Auf den lichtgrauen Bruchflächen des Krähenberger Steins bemerkt man zahlreiche in allen Richtungen ziehende, zuweilen zu einem Maschenwerke verbundene feine schwarze Linien. Es scheinen Spalten zu seyn, welche wenigstens zum Theil beim Eintritt des Meteors in die Erdatmosphäre sich bildeten und mit der schmelzenden Substanz der Rinde erfüllt wurden, wie dieß von v. Reichenbach (diese Ann. Bd. 125, S. 309) ausführlich dargelegt wurde. Außer diesen Schmelzlinien schwärmen im Steine gekrümmte schmale Gänge anderer Art umher, Adern von Nickel-eisen, bei Beschreibung der Pultusker Steine erwähnte ich der zahlreichen Eisenspiegel oder Harnische, welche in den verschiedensten Richtungen jene Steine durchsetzen, und zu Ablösungen Veranlassung bieten. Während aber zu Pultusk die Spiegel nur mit feinsten, kaum zu einer zusammenhängenden Lamelle verschmolzenen Eisenflitterchen bedeckt sind, erscheinen bei Krähenberg gangähnliche Partien von bestimmbarer Dicke mit Nickeleisen erfüllt. Eine solche über drei Zoll lange, wenig gekrümmte $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Mllm. dicke Eisenader beobachtete Hr. Siegmund auf einer Bruchfläche des Hauptsteins. Außerdem kommen auch Eisenspiegel wie bei Pultusk vor. Die Masse des Krähenberger Steins ist auf dem Bruche zwar sehr ähnlich derjenigen der Pultusker Meteoriten, doch weniger feinkörnig, auch bieten sich in Bezug auf die erkennbaren Gemengtheile einige Verschiedenheiten dar. Man unterscheidet Nickeleisen, Magnetkies, die eigenthümlichen für die Chondrite so bezeichnenden

Kugeln, Olivin, Chromeisen, welche Gemengtheile in einer sphärolithischen Grundmasse, gebildet aus weissen und grauen Körnern liegen.

Das Nickeleisen in unregelmässig gefalteten, etwas zackigen (doch bei weitem nicht in dem Maasse zackig verästelt wie bei Pultusk), metallisch glänzenden Partien ist nur in spärlicher Menge vorhanden. Es findet sich auch den gleich zu erwähnenden Körnern des Magnetkieses innig beigemengt. Um das Nickeleisen sowohl in Bezug auf seine relative Menge im Gesteine als auch in Hinsicht seiner Mischung zu bestimmen, wurden aus etwa 5 Gr. Meteoritenpulver die magnetischen Theile sorgsam ausgesucht. Das unmagnetische Pulver, nachdem es feiner zerrieben, nochmals mit dem Magneten behandelt: das dem Magneten Gefolgte möglichst von den anhaftenden Silikattheilen befreit. Diese auf mechanischem Wege nicht weiter zu scheidende Masse wurde nun mit Königswasser behandelt, wobei sich ein Theil des Schwefels, vom Magnetkiese herrührend, gediegen ausschied, ein anderer durch Chlorbaryum abgeschieden wurde. Es mußte dann die geringe Menge der gelösten Kieselsäure nach Abdampfen der sauren Flüssigkeit bestimmt, ferner die Magnesia des zersetzten Silikats gewogen, endlich die Menge des Eisenoxyduls, welche theils mit der gelösten, theils mit der beim unlöslichen Rückstand verbleibenden (durch alkalische Lauge ausziehbaren) Kieselsäure verbunden war, berechnet werden, was auf Grund einer Analyse der unmagnetischen Silikattheile geschah. Dieser umständliche Weg war nöthig, weil mir hier nicht, wie bei den Pultuskern, grössere reine Nickeleisenkörner zur Verfügung standen. So ergab sich die Menge des Nickeleisens im Krähenberger Steine = 3,5 Proc.; die Silicate nebst Magnetkies und Chromeisen betragen 96,5 Proc. Die relative Menge des Nickeleisens ist demnach viel geringer als bei Pultusk, wo es zu 10 bis 15 Proc. bestimmt wurde, aber weit nickelreicher, denn die Legirung des Krähenberger Meteoriten besteht aus

Eisen 84,7

Nickel 15,3

100,0.

Wollte man diese Legirung als eine Verbindung nach bestimmten Verhältnissen ansehen, so würde sie sich am meisten der Formel Fe_3Ni nähern, welche Eisen 82,7, Nickel 17,3 verlangt. Das Nickeleisen des Krähenberger Steins gehört demnach zu den nickelreicheren, und ist in dieser Hin-

sicht den entsprechenden Verbindungen der Meteoriten von Kakova (19. Mai 1858), Insel Oesel (29. April 1855) u. a. zu vergleichen. Die geringe Menge des Nickeleisens bestätigt sich durch das relativ geringe Gewicht unseres Steins. Ein rindenloses Stückchen, absolutes Gew. 2,604 Gr., (welches später mit andern zur Analyse verwandt wurde) zeigte das spec. Gew. 3,4975 bei 18° C. Kleine Bruchstücke mit vieler Schmelzrinde ergaben ein Gewicht von nur 3,449 (bei 20° C.). Es bestätigt sich demnach hier das Resultat der Wägungen überrindeter pultusker Steine, dafs nämlich die Schmelzrinde leichter ist, als die steinige Masse des Innern. Das höhere spec. Gew. von Pultusk = 3,725 (bei 15½° C.) entspricht also dem etwa dreifach gröfsern Nickel-eisengehalt der polnischen Steine.¹⁾

In reichlicherer Menge als Nickeleisen ist Magnetkies vorhanden; er bildet unregelmäfsig gestaltete Körner von speigelgelber Farbe, gewöhnlich 1 bis 2^{mm} grofs. Im Hauptsteine sollen indess einzelne weit gröfsere Körner zu beobachten seyn. Diese gelben, metallisch glänzenden Körner werden vom Magneten meist nicht angezogen, geschieht es, so umschliessen sie kleine Partien von Nickeleisen. Dafs wir es hier mit Magnetkies und nicht mit Troilit zu thun haben, geht aus dem Verhalten gegen Chlorwasserstoffsäure hervor. Indem sich nämlich in reichlicher Menge Schwefelwasserstoff entwickelt, wird eine kleine Menge des Schwefels gediegen abgeschieden. In besonderer Analyse wurde die Menge des Schwefels bestimmt = 2,16 Proc., welche einem Gehalte an Magnetkies = 5,52 Proc. entspricht; bedeutend höher als die Menge dieser Schwefelverbindung in Pultusk, welche im Mittel aus drei Proben 3,87 Proc. des ganzen Steins betrug. Der von Rammelsberg untersuchte Stein von Kleinwenden (16. Sept. 1843) enthält eine fast genau gleiche Menge der Schwefelverbindung, bei einem weit höhern Gehalt an Nickeleisen, wie Krähenberg. Zerreibt man unsern graulichweissen Stein, so erhält man schnell ein graues Pulver, welches seine Farbe dem äufserst fein zertheilten Schwefeleisen verdankt.

Die dunklen Kugeln, eines der wesentlichen Kennzeichen der Chondrite, sind bei Krähenberg sehr deutlich und zahlreich, namentlich im Vergleiche zu Pultusk. Sie sind dun-

1) Ein nahe gleiches Gewicht wie die Pultusker besitzen die Steine von Aerno bei Hefse; ein kleiner fast ganz umrindeter Stein, welchen mir Hr. Nordenskjöld verehrte, ergab das spec. Gew. 3,659 (bei 20° C.).

kelgrau bis schwarz, bis 2^{mm} groß, lösen sich leicht aus der Grundmasse unter Hinterlassung eines etwas rauhfächigen Eindrucks. Die Oberfläche der dunklen Kugeln wird zuweilen durch eine äußerst feine, sich leicht ablösende weiße Hülle gebildet. Ausser den Kugeln bemerkt man auch wohl unregelmäßig gerundete dunkle Körner und Kugelsegmente, welche wie jene eine, wenngleich nur unvollkommene, Faserzusammensetzung besitzen. Die noch nicht genügend gelöste Frage nach der chemischen Mischung der Kugeln würde bei der Häufigkeit dieser sphärischen Bildungen in Krähenberg leicht zu beantworten gewesen seyn, wenn ein etwas größeres Stück zur Verfügung gestanden hätte.

Gelblichweiße Körner, bis zur Größe von 1^{mm} liegen zahlreich im Stein und sind mit großer Wahrscheinlichkeit für Olivin zu halten; sie zeigen indess nur Andeutungen krystallinischer Umgränzung, und besitzen meist gerundete Oberflächen. Häufiger als bei Pultusk sind kleine schwarze Chromeisenstein-Körner; an denen man unter dem Mikroskope oktaëdrische Formen zu erkennen glaubt.

Die Hauptmasse des Steins, von welcher die genannten Gemengtheile umschlossen sind, stellt sich unter dem Mikroskop aus fast unendlich kleinen weissen, krystallinischen Körnchen dar. Sie sind weiss, lebhaft glänzend von Fettglanz, zeigen Farben bei Anwendung von polarisirtem Lichte. In Säuren unlöslich, bestehen sie wesentlich aus einem Magnesiasilicat, reicher an Kieselsäure als der Olivin. Neben der weissen, krystallinisch-körnigen Masse bemerkt man auch eine lichtgraue Substanz, welche Anlage zu sphärolithischer Bildung besitzt. Wie die dunklen Kugeln, zeigen auch zuweilen die grauen Partien eine fasrige Zusammensetzung. Bei Untersuchung mittelst des Mikroskops fand ich als seltenere Gemengtheile noch andere, leider nicht bestimmbare Mineralkörper: ein ausserordentlich kleines purpurrothes Krystallflächchen, mehrere intensiv gelbe Körnchen mit deutlichen Kryställchen; ausserdem einige lichtgelbe langprismatische Formen. Endlich bleiben als Vorkommnisse im Krähenberger Steine noch zu erwähnen, einzelne bis $\frac{1}{2}$ ^{mm} große Körnchen von rother Farbe, muschligem Bruche, durchscheinend. Ich fand dieselben theils isolirt in der lichtgrauen Steinmasse, theils in unmittelbarer Berührung mit Magnetkies. Diese rothe Substanz ist mit Wahrscheinlichkeit für ein Zersetzungsprodukt des Schwefeleisens, dem *Caput mortuum* ähnlich, zu halten. Die unmagnetischen Theile des Krähenberger Meteo-

ritten, nämlich die Silikate, der Magnetkies, das Chromeisen (96,5 Proc. des Ganzen) zeigten als feines Pulver bei 20° C. gewogen, das spec. Gew. 3,446, demnach sind sie schwerer als die unmagnetischen Theile der Pultusker Steine (=3,344). Die größere Schwere der Silicate hängt mit dem höhern Eisen-, geringerem Magnesiagehalte von Krähenberg, im Vergleich mit Pultusk zusammen.

Die Zusammensetzung der magnetischen Theile zufolge einer durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron ausgeführten Analyse ergab sich: (Zur Vergleichung sey es gestattet, die Mischung der unmagnetischen Theile von Pultusk hier nochmals mitzutheilen)

	Krähenberg	Pultusk
Chromeisen	0,94	0,34
Magnetkies { Schwefel	2,25	2,14
{ Eisen	3,47	3,29
Kieselsäure	43,29	46,17
Thonerde	0,63	1,20
Magnesia	25,32	29,53
Kalkerde	2,01	0,31
Eisenoxydul	21,06	15,25
Manganoxydul	Spur	0,54
Natron (Verlust)	1,03	1,46
	100,00	100,23.

Nach Abzug von Chromeisen und Magnetkies ergibt sich die procentische Mischung der Silicate von Krähenberg

Kieselsäure	46,37	Ox. = 24,73
Thonerde	0,67	0,32
Magnesia	27,13	10,85
Kalkerde	2,15	0,61
Eisenoxydul	22,56	5,01
Natron	1,12	0,29

100,00.

Die Summen derjenigen Sauerstoffmengen, welche wir in den sämtlichen Basen annehmen können, verhält sich zum Sauerstoff der Kieselsäure wie 1 : 1,448, welches Verhältniß bei Pultusk = 1 : 1,507 beträgt.

Die Zusammensetzung der unmagnetischen Theile beider Meteoriten ist demnach nicht wesentlich verschieden, was auch das mineralogische Ansehen erwarten liefs. Mit Erstaunen erfüllt uns wohl die Aehnlichkeit der Gesteine ferner Weltgegenden; hier aber sehen wir bei verschiedenen planetarischen Körpern eine ähnliche chemische Mischung

und eine bis ins Kleinste sich erstreckende Analogie des äufsern Ansehens und der Structur. Die Analyse (welche sich leider bei der Spärlichkeit des zu meiner Verfügung stehenden Materials auf den Nachweis von Phosphor und Cobalt nicht erstrecken konnte; die Abwesenheit von Kupfer und Zink wurde constatirt) in Verbindung mit der mineralogischen Untersuchung beweist, dafs als wesentlicher Gemengtheil der Grundmasse aufser Olivin noch ein anderes kieselsäurereicheres Magnesiasilikat vorhanden seyn müsse. Ob diefs die Mischung des Enstatits MgO , SiO_2 oder des Shepardits 2MgO , 3SiO_2 besitze; oder ob (was durch Unterscheidung weifser und grauer Theile in der Grundmasse wahrscheinlich wird) diese beiden Silikate neben dem Olivin vorhanden sind, mufs leider noch unentschieden bleiben. Was den Gehalt der Chondrite an Kalk- und Thonerde betrifft, so hat man denselben wohl einer Beimengung von Anorthit oder Labrador zugeschrieben. Diese Deutung ist indess für Krähenberg unzulässig, wie daraus hervorgeht, dafs Kalk- und Thonerde dem unlöslichen Antheile angehören und nur in sehr geringer Menge selbst durch wiederholte Behandlung mit Säuren sich ausziehen lassen. 0,707 Gr. unmagnetische Theile, welche zur Bestimmung des Schwefels gedient hatten und zu dem Zwecke mit chlorsaurem Kali und Chlorwasserstoffsäure behandelt, dann nochmals mit Königswasser erhitzt worden waren, gaben in Lösung: Thonerde 0,14 Proc.; Kalkerde 0,56; Magnesia 11,7; Eisenoxydul 21,2 Proc. (letzte Bestimmung nach Abzug der mit dem Schwefel verbundenen Eisenmenge. Thon- und Kalkerde müssen demnach einer äufserst schwerlöslichen Silicat-Verbindung angehören.

Als Ergänzung der oben citirten Arbeit über die Poltuskter Meteoriten erlaube ich mir folgende Thatsachen mitzutheilen. Hr. Dr. Petersen in Frankfurt a. M. prüfte dieselben auf einen Gehalt an Kobalt und hatte die Güte mir zu berichten, dafs er das aus essigsaurer Lösung niedergeschlagene Schwefelnickel abgeröstet und damit eine Boraxperle erblasen habe. Dieselbe zeigte die Färbung des schwach kobalthaltigen Nickels. »Doch dürfte das Kobalt nur bei Anwendung gröfserer Mengen zu bestimmen seyn.«